

PAULO CESAR BARAUCE BENTO

**COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS PROGRAMAS: HIDROGINÁSTICA E
TREINAMENTO DE FORÇA NA FUNÇÃO MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E
CONTROLE POSTURAL DE IDOSAS**

PAULO CESAR BARAUCE BENTO

**COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS PROGRAMAS: HIDROGINÁSTICA E
TREINAMENTO DE FORÇA NA FUNÇÃO MUSCULAR, FUNCIONALIDADE E
CONTROLE POSTURAL DE IDOSAS**

Tese de Doutorado a ser apresentada como pré-requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física, no Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

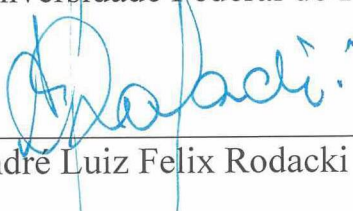
Orientador: Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ FELIX RODACKI

TERMO DE APROVAÇÃO


PAULO CESAR BARAUCE BENTO

“Comparação dos Efeitos dos Programas: Hidroginástica e Treinamento de Força na Função Muscular, Funcionalidade e Controle Postural de Idosas”

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação Física – Área de Concentração Exercício e Esporte, Linha de Pesquisa Atividade Física e Saúde, do Departamento de Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:



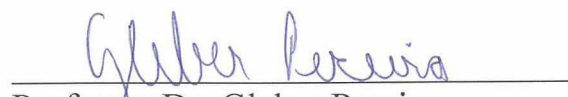
Professor Dr. André Luiz Felix Rodacki (Orientador)




Profª. Dra. Ana Maria Forti Barela
Membro Externo



Profª. Dra. Joice Mara Facco Stefanello
Membro Interno



Professor Dr. Gleber Pereira
Membro Interno



Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch
Membro Externo

Curitiba, 22 de Março de 2012.

Dedico à minha esposa Fátima que sempre me estimulou a buscar e enfrentar novos desafios, mesmo que em determinados momentos eu preferisse me manter numa zona de conforto.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eurico João Bento (*in memorian*) e Eva Barauce Bento, pelo apoio pelo amor e principalmente pelos valores transmitidos ao longo da vida pelos exemplos e atitudes.

A toda a minha família que está sempre pronta para uma palavra de apoio e incentivo pela compreensão pelas ausências decorrentes das responsabilidades assumidas.

A toda turma lá de casa, a Fátima minha esposa aos filhos Juliana, Daniel e Raphael. Ao Igor com quem me permito digamos assim “momentos de deseducador”.

Ao professor André Luiz Felix Rodacki meu orientador, pela oportunidade e confiança depositada no desempenho desta tarefa. Pela forma dedicada e sempre positiva com que ajudou a conduzir este trabalho. Pelas horas dedicadas à orientação e pelas inúmeras mensagens eletrônicas trocadas muitas vezes em horários não convencionais para discutir mais uma das tantas versões deste documento.

Especialmente a todos os alunos e colegas pela dedicação e carinho que demonstraram por este projeto durante estes quatro anos. Agradeço nominalmente aos alunos: Renata A. Czajka, Rana Custódio, João Carlos, Priscila Gonçalves, Elaine Cebolla, Guilherme A. Gasparin, Larissa Fontoura, Renata Wolf, Daniel Reis Bahia, Silmara Borges Ribeiro, Felipe P. M. Costa.

Aos colegas: Luciana Medeiros, Luis Cesar V. Pessoa, Cintia Rodacki e Gustavo Resende pelo apoio prestado em todas as horas, especialmente nos momentos iniciais do projeto quando tudo parecia ainda muito, muito distante.

Ao professor e médico Dr. Luis Cesar Pessoa agradeço de forma especial por ter continuado a dedicar parte do seu tempo, mesmo após a conclusão do seu mestrado, para as avaliações clínicas das participantes.

A professora Maria de Fátima A. Lopes por contribuir com toda a sua experiência e competência na condução do programa de treinamento de hidroginástica. As professoras Paula Born e Renata A. Czajka pela condução competente do programa de treinamento de força.

Aos professores e colegas André L. F. Rodacki, Neiva Leite e Joice Stefanello que apesar de atribulados com suas próprias obrigações assumiram minha carga horária no curso de graduação o que permitiu meu afastamento para dedicar-me integralmente ao projeto nos últimos 18 meses.

Aos professores do programa de pós-graduação André L. F. Rodacki, Neiva Leite, Fernando Louzada, Rodrigo Reis, Raul Osiecki pela dedicação e competência com que conduziram as suas disciplinas.

Aos professores Ricardo Coelho, Fernando Cavichioli e de forma extensiva aos técnicos desportivos pelo apoio a realização deste projeto nas dependências do Centro de Educação Física e Desportos da UFPR.

Aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, Prof. Dra. Ana Maria Forti Barela, Prof. Dra. Neiva Leite, Prof. Dra. Joice Stefanello Prof. Dr. Raul Osiecki que contribuíram com suas críticas e sugestões para o enriquecimento do trabalho na etapa de qualificação. Ao Prof. Dr. Gleber Pereira pelas contribuições prestadas em momentos informais e durante discussão dos artigos produzidos sobre o tema. A Prof^a. Dra. Elisangela F. Manfra pelas contribuições pontuais nas aulas da pós-graduação na disciplina de biomecânica e pela ajuda com a elaboração das rotinas de análise de dados.

Ao professor Daniel Dias secretário do programa de pós-graduação pelo atendimento dispensado em todos os assuntos acadêmicos e administrativos.

De forma muito especial a todas as voluntárias que confiaram na nossa equipe de trabalho e dedicadamente participaram do estudo, sem as quais a realização do projeto não seria possível.

Aos amigos, que sempre nos apoiam e são fundamentais para nos ajudar a manter o equilíbrio necessário entre a vida profissional, acadêmica e a vida social. Especialmente aos amigos de corrida com os quais compartilho os momentos de reabastecimento das energias física e mental.

Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto.

RESUMO

Alterações no sistema neuromuscular decorrentes do envelhecimento podem resultar em redução da força e potência muscular. Adicionalmente, o sistema de controle postural também é afetado pelo processo natural de envelhecimento. Redução da acuidade visual, da audição, distúrbios vestibulares, redução proprioceptiva e aumento do tempo de reação podem acentuar problemas de equilíbrio. Este conjunto de alterações compromete a funcionalidade e a mobilidade do idoso. O exercício físico regular tem sido uma das principais formas de intervenção para manter ou recuperar a função muscular, o equilíbrio e a funcionalidade em idosos. O estudo visou determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular, equilíbrio e funcionalidade de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular. Participaram 52 mulheres com idade entre 60 a 73 anos, distribuídas em três grupos: grupo de hidroginástica (GHG; n=20), grupo de força (GFT; n=16) e grupo controle (GC; n=16). As participantes tiveram a função muscular (força muscular dinâmica [1RM], o pico [MCIVB] e a taxa de desenvolvimento de torque [TDT] de membros inferiores) o controle postural (equilíbrio sem perturbação e equilíbrio dinâmico) a funcionalidade (desempenho em testes funcionais) e a mobilidade (análise cinemática da marcha) analisadas antes (pré) e após o treinamento (pós). Os treinamentos tiveram duração de 60 minutos, realizados três vezes por semana durante 12 semanas. O programa de hidroginástica compreendeu exercícios aeróbios e exercícios para membros inferiores. O treinamento de força foi realizado com 2 a 3 séries de 8 repetições com intensidade de 12 a 8 repetições máximas (RM). Ambos os programas de treinamento melhoraram a força e o pico de torque, porém apenas as ações musculares rápidas com uso de equipamentos resistivos realizadas pelo GHG foram efetivas para o aumento da TDT. Os dois tipos de treinamento foram inespecíficos para melhorar o equilíbrio na posição ereta sem perturbação. As ações realizadas no treinamento resultaram em melhora do equilíbrio dinâmico no GHG. As adaptações obtidas pelo treinamento resultaram em melhora da funcionalidade apenas no GHG. Os dois protocolos de treinamento não modificaram os parâmetros cinemáticos da marcha em velocidade usual, apesar da melhora da função muscular. Com base nos achados deste estudo é possível concluir que o programa de treinamento de hidroginástica pode ser uma alternativa eficaz para a melhora da função muscular, do equilíbrio dinâmico e da funcionalidade de idosas.

Palavras chaves: Envelhecimento, exercícios aquáticos, força muscular, funcionalidade, equilíbrio.

ABSTRACT

Neuromuscular system changes from ageing may result in decreased muscle strength and power. In addition, the postural control is also influenced by the ageing process. Diminished visual accuracy, hearing, vestibular disturbances, proprioceptive loss and increased reaction time may increase balance problems. These changes influence functionality and mobility in the elderly. Regular physical exercises have been used to maintain or recover muscle function, balance and functionality in elderly. These changes influence functionality and mobility in the elderly. Regular physical exercises have been used to maintain or recover muscle function, balance and functionality in elderly. This study aimed to determine the effects of a hydrogymnastics program on muscle strength, balance and functionality of elderly women and to compare to the effects obtained from a training program designed to improve muscle strength. Fifty-two women aged between 60 and 73 years old were assigned in three groups: hydrogymnastics (HG; n=20), strength (ST; n=16) and control (CG; n=16). Participants had muscle function (dynamics muscle strength [1 RM], peak [MIVCB] and rate of torque development [RTD] of lower limbs), postural control (balance with and without disturb), functionality (performance of functional tests) and mobility (kinematic gait analysis) analysed before (pre) and after (post) training. Training sessions were of 60 minutes and performed three times per week during 12 weeks. The hydrogymnastic program comprised aerobic exercises and exercises specific for the lower limbs. Strength training was performed with 2 to 3 series of 8 repetitions with intensity of 12 to 8 maximal repetitions (RM). Both training programs improved strength and peak torque, however, only the fast movements using resistive equipment performed by the HG were effective to improve RTD. Adaptations obtained from training resulted in improved functionality only in the HG. Both training protocols did not modify the kinematics parameters of gait in usual speed, despite of the improved muscle functioning. Based on these results, it was possible to conclude that the training program of hydrogymnastics is an attractive alternative to improve muscle functioning, dynamics balance and functionality in elderly subjects.

Keywords: Aging, water-based exercise, strength, functionality, balance

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – SELEÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS E CONTROLE, ACOMPANHAMENTO E COMPOSIÇÃO FINAL DOS GRUPOS ANALISADOS.....	52
FIGURA 3.2 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA POSIÇÃO DA CÉLULA DE CARGA E DOS SUJEITOS DURANTE A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA	54
FIGURA 3.3 – DISPOSIÇÃO DO ESPAÇO PARA AVALIAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA E POSICIONAMENTO DO MONITOR PARA VERIFICAÇÃO DA EXECUÇÃO DO TESTE	55
FIGURA 3.4 – EQUIPAMENTO PARA AUMENTO DA RESISTÊNCIA AO MOVIMENTO (AQUAFIN)	58
FIGURA 3.5 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DA FORÇA DINÂMICA DE MEMBROS INFERIORES (1RM).....	61
FIGURA 3.6 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DO TORQUE MÁXIMO EM TORNO DAS ARTICULAÇÕES DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO	63
FIGURA 3.7 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DA TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE TORQUE EM TORNO DAS ARTICULAÇÕES DO QUADRIL, JOELHO E TORNOZELO.....	65
FIGURA 4.1 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO POSICIONAMENTO DO PAINEL COM A REFERÊNCIA VISUAL E DA CÉLULA DE CARGA PARA ESPAÇO E EQUIPAMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO SEM PERTURBAÇÃO.....	80
FIGURA 4.2 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DE TEMPO PARA REALIZAÇÃO DO TESTE DE LEVANTAR, CAMINHAR, VOLTAR E SENTAR EM UMA CADEIRA.....	86
FIGURA 5.1 – MODELO BIOMECÂNICO PARA ANÁLISE DA MARCHA.....	97
FIGURA 5.2 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DO DESEMPENHO NOS TESTES FUNCIONAIS	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – CARACTERÍSTICAS MÉDIA INICIAIS DOS PARTICIPANTES (IDADE, MASSA CORPORAL E ESTATURA)	60
TABELA 4.1 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO ERETA QUIETA PÉS JUNTOS E OLHOS ABERTOS.....	83
TABELA 4.2 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO ERETA QUIETA PÉS JUNTOS E OLHOS FECHADOS.....	84
TABELA 4.3 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO TANDEM.....	85
TABELA 5.1 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DAS VARIÁVEIS ESPACIAIS LINEARES DA MARCHA	102
TABELA 5.2 – VALORES REFERENTES À MÉDIA DAS VARIÁVEIS TEMPORIAIS DA MARCHA.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 – PROGRAMA DE EXERCÍCIOS AQUÁTICOS	58
QUADRO 3.2 – PROGRAMA DE EXERCÍCIOS RESISTIDOS	59
QUADRO 5.1 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS ESPACIAIS LINEARES DA MARCHA	98
QUADRO 5.2 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS TEMPORAIS DA MARCHA.....	99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 ENVELHECIMENTO E FUNÇÃO MUSCULAR.....	19
2.1.1 Treinamento de força e função muscular em idosos	22
2.1.2 Hidroginástica e a função muscular em idosos	25
2.2 CONTROLE POSTURAL	29
2.2.1 Avaliação do controle postural.....	32
2.2.2 Exercício físico e equilíbrio postural em idosos	33
2.2.3 Treinamento de força e equilíbrio postural de idosos	34
2.2.4 Hidroginástica e equilíbrio postural em idosos	36
2.3 FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE	38
2.3.1 Funcionalidade	38
2.3.2 Marcha	39
2.3.3 Treinamento de força funcionalidade e mobilidade	42
2.3.4 Hidroginástica funcionalidade e mobilidade	44
3 COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA E FORÇA NA FUNÇÃO MUSCULAR DE IDOSAS	47
3.1 INTRODUÇÃO	47
3.2 OBJETIVO.....	49
3.2.1 Objetivos específicos.....	49
3.2.2 Hipóteses.....	49
3.3 METODOLOGIA.....	50
3.3.1 Procedimentos.....	50
3.3.2 Avaliação da força isométrica máxima (CVIMB) e da taxa de desenvolvimento de torque (TDT).....	52
3.3.3 Avaliação da força dinâmica máxima (1RM)	55
3.3.4 Programa de treinamento	57
3.3.5 Tratamento estatístico	59

3.4 RESULTADOS	60
3.4.1 Características iniciais dos participantes	60
3.4.2 Força dinâmica de membros inferiores	60
3.4.3 Contração isométrica voluntária máxima balística (CIVMB) de membros inferiores.....	62
3.4.4 Taxa de desenvolvimento de torque.....	64
3.5 DISCUSSÃO	66
3.5.1 Força dinâmica (teste de 1 RM)	66
3.5.2 Contração isométrica voluntária máxima balística (CIVMB) e Taxa de Desenvolvimento de Força (TDT).....	69
3.6 CONCLUSÕES	73
4. COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA E FORÇA NO CONTROLE POSTURAL DE IDOSAS	75
4.1 INTRODUÇÃO	75
4.2 OBJETIVOS	77
4.2.1 Objetivos específicos.....	78
4.2.2 Hipóteses.....	78
4.3 METODOLOGIA.....	79
4.3.1 Procedimentos.....	79
4.3.2 Programa de exercícios.....	81
4.3.3 Tratamento estatístico	81
4.4 RESULTADOS	82
4.4.1 Testes de equilíbrio estático.....	82
4.4.1.1 Condição 1 - pés juntos e paralelos com olhos abertos	82
4.4.1.2 Condição 2 - pés juntos e paralelos com olhos fechados.....	83
4.4.1.3 Condição 3 - posição <i>tandem</i> com olhos abertos.....	84
4.4.2 Testes dinâmicos de equilíbrio	85
4.5 DISCUSSÃO	86
4.5.1 Equilíbrio na posição ereta quieta	87
4.5.2 Equilíbrio dinâmico	88
4.6 CONCLUSÕES	89
5. COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DE UM TREINAMENTO DE HIDROGINÁSTICA E DE FORÇA NA FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE DE IDOSAS.....	91

5.1 INTRODUÇÃO	91
5.2 Objetivo	93
5.2.1 Objetivos específicos.....	93
5.2.2 Hipóteses.....	94
5.3 METODOLOGIA.....	94
5.3.1 Procedimentos.....	94
5.3.2 Testes funcionais.....	95
5.3.3 Análise de parâmetros espaço-temporais da marcha	96
5.3.4 Programa de exercícios.....	99
5.3.5 Tratamento estatístico	99
5.4 RESULTADOS	100
5.4.1 Testes funcionais.....	100
5.4.2 Análise de parâmetros espaço-temporais da marcha	102
5.5 DISCUSSÃO	103
5.5.1 Funcionalidade	103
5.5.2 Mobilidade (análise de parâmetros espaço-temporais da marcha)	107
5.6 CONCLUSÕES	110
6 CONCLUSÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICES.....	130
ANEXOS.....	138

1 INTRODUÇÃO

A redução da capacidade de gerar força é um dos maiores problemas enfrentados na terceira idade, visto seu forte impacto sobre o desempenho e segurança em executar atividades da vida diária (NARICI *et al.*, 2003; HORTOBÁGYI *et al.*, 2003; MISIC *et al.*, 2007). A redução na capacidade de produção de força tem sido conceituada como diápenia (CLARK; MANINI, 2008) e atribuída à diminuição da capacidade de ativação de unidades motoras, ao aumento da co-ativação da musculatura antagonista (CLARK; MANINI, 2008; CLARK; MANINI, 2010), à redução da força específica (força por unidade de massa muscular) (GOODPASTER *et al.* 2006) e à perda de massa muscular (FRONTERA *et al.*, 1988). Assim, o conjunto destas alterações estão associadas à redução da força (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009), da potência muscular (CANDOW; CHILLIBECK, 2005) e da capacidade do músculo de resistir à fadiga (PETRELLA; KIM; TUGGLE; HALL, BAMMAN, 2005).

Alguns estudos têm reportado que a redução da força e da capacidade de gerar força rapidamente (taxa de desenvolvimento de força) especialmente em membros inferiores pode implicar em dificuldades para realização de atividades cotidianas como, subir e descer escadas, levantar e sentar em uma cadeira (NARICI *et al.*, 2003; HORTOBÁGYI *et al.*, 2003; MISIC *et al.*, 2007), para responder prontamente a perturbações externas (escorregões e tropeços) e restabelecer equilíbrio (ROBINOVITCH *et al.*, 2002; BENTO *et al.*, 2010), além de causar alterações sobre a mobilidade, especificamente no padrão da marcha (DE VITA; HORTOBAGYI, 2000).

Adicionalmente, o sistema de controle postural também pode ser afetado pelos processos naturais de envelhecimento e podem acentuar problemas de equilíbrio. Essas alterações incluem diminuição da visão, da audição, distúrbios vestibulares, redução proprioceptiva, aumento do tempo de reação (PEREIRA *et al.*, 2001; PERRACINI; RAMOS, 2002; HILL; SCHWARZ, 2004; MASUD; MORRIS, 2001). Assim, reduções na capacidade de produzir força (LIN; WOLLACOTT, 2005) e alterações no sistema de controle postural (MELZER *et al.*, 2004) podem contribuir para a diminuição da funcionalidade e para o aumento do risco de quedas em idosos.

O exercício físico regular é umas das principais formas de intervenção para manter e/ou recuperar a força e a restabelecer a funcionalidade em idosos. Dentre as modalidades de exercício, o treinamento de força tem sido indicado como uma das principais formas de exercício para a população idosa para prevenção e recuperação da função muscular e melhora da funcionalidade (ACSM, 2009). Apesar disso, a transferência dos ganhos obtidos com o treinamento de força para a realização das atividades diária nem sempre tem sido observada.

Os resultados de alguns estudos indicam que o treinamento de força promove o incremento na força muscular (FRONTERA *et al.*, 1988; KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005; PERSCH *et al.*, 2009), a melhora no desempenho de testes funcionais (KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005) e alterações em parâmetros cinemáticos da marcha associados ao risco de quedas (PERSCH *et al.*, 2009). No entanto, outros estudos verificaram que o aumento de força muscular obtido com o treinamento resistido não resultou em melhorias sobre a funcionalidade (STEIB, SCHOENE e PFEIFER, 2010).

O treinamento de força, também tem sido proposto com o objetivo de aprimorar o equilíbrio em idosos (WOLFSON *et al.*, 1996; ORR *et al.*, 2006), porém, parece não haver evidências suficientes de que este tipo de treinamento realizado isoladamente (como única forma de intervenção) possa contribuir para a melhora do equilíbrio (LATHAM *et al.* 2004; ORR, RAYMOND e SINGH, 2008).

Outras propostas de programas de exercícios e seus efeitos sobre a força, o equilíbrio e a funcionalidade de idosos como o Tai Chi (WOLFSON *et al.*, 1996; LI *et al.*, 2005), a dança (HAUER *et al.* 2001; SOFIANIDIS *et al.* 2009) e exercícios aquáticos (DEVEREUX *et al.*, 2005; TSOURLOU *et al.* 2006) foram investigadas.

As atividades aquáticas têm sido indicadas como uma forma eficaz de exercício para populações em condições especiais de saúde devido às propriedades da água tais como a flutuação proporcionada pelo empuxo que alivia o peso corporal a ser sustentado, pela maior viscosidade da água que aumenta a força de arrasto e consequentemente a resistência ao movimento (WILDER; BRENAM, 1993; QUIN; SEDORY; FISCHER, 1994; GRENN; CABLE; ELMS, 1990).

A sobrecarga do exercício aquático pode ser modulada pelo aumento da área corporal projetada durante o deslocamento e o movimento na água e também pelo

aumento da velocidade de execução do movimento (SKINNER; THOMSON, 1985; BECKER, 2009; PÖYHÖNEN *et al.*, 2002). A utilização destas estratégias combinadas pode contribuir tanto para o aumento do torque máximo, como melhora da funcionalidade (TSOURLOU *et al.* 2006). No entanto, não há estudos que tenham avaliado o efeito de um programa de exercícios aquáticos com estas características na taxa de desenvolvimento de torque (TDT). Como a realização das atividades da vida diária parece estar mais associada com a capacidade de gerar torque rapidamente do que simplesmente com a capacidade máxima de produzir torque (STEIB *et al.*, 2010) um programa de exercícios que promova aumento do torque e da TDT pode ser mais efetivo para restaurar ou manter a funcionalidade em idosos.

Outra consequência da imersão corporal é a alteração nas informações sensoriais provenientes dos receptores articulares de descarga de peso e pressão que ocorre devido ao alívio do peso corporal causado pela flutuação (GEIGLE, GOULD e HUNT, 1997). Estas alterações sensoriais aliadas à constante turbulência gerada pelo movimento e deslocamento na água pode gerar instabilidade e, portanto ser um estímulo para a melhoria do equilíbrio (MELZER *et al.*, 2008). Estudos que avaliaram o equilíbrio após período de exercício na água verificaram melhora do equilíbrio dinâmico (TSOURLOU *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2004). No entanto, o único estudo que avaliou o equilíbrio em posição ereta quieta na plataforma de força foi realizado com adultos jovens (ROTH *et al.*, 2006).

Apesar das características do meio aquático e da popularidade da hidroginástica entre os idosos poucos estudos foram realizados para verificar o efeito de um programa de hidroginástica com o intuito de verificar o seu efeito na função muscular, no equilíbrio e na funcionalidade nessa população. Além disso, os estudos conduzidos até então não compararam os seus efeitos com o treinamento de força, que é a modalidade de exercício usualmente recomendada para os idosos. Desta forma, os resultados do presente estudo poderão proporcionar um melhor entendimento dos efeitos de um programa de hidroginástica e da sua viabilidade como alternativa de treinamento para idosos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular, funcionalidade e equilíbrio de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular que é a modalidade de treinamento usualmente recomendada para esta população.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular (força dinâmica, pico e a taxa de desenvolvimento de torque) de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.
- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica no controle postural (sem perturbação e dinâmico) de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.
- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a funcionalidade e mobilidade (variáveis cinemáticas da marcha) de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.

O presente estudo foi elaborado em seis capítulos, neste primeiro capítulo a introdução e objetivos gerais do estudo são apresentados. O segundo capítulo consta da revisão de literatura. Os capítulos três, quatro e cinco apresentam os três estudos experimentais com seus respectivos objetivos, métodos, resultados e considerações finais. No sexto e último capítulo as conclusões gerais do estudo são descritas, assim como as suas limitações e sugestões para estudos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será apresentada uma revisão da literatura sobre as alterações neuromusculares e sensoriais que ocorrem com o envelhecimento e o impacto destas alterações sobre a funcionalidade de idosos. Inicialmente serão apresentados os mecanismos que estão envolvidos na redução da força muscular (dinapenia) observada entre os indivíduos com mais de sessenta anos. Adicionalmente será apresentada uma revisão sobre os sistemas de controle postural e as consequências do envelhecimento na capacidade dos idosos em manter o equilíbrio postural em condições quase estática e dinâmica. Em seguida a revisão focalizará os mecanismos envolvidos na funcionalidade dos idosos, em especial na capacidade de realizar as atividades da vida diária e na mobilidade, destacando as características da marcha nesta população. O papel do exercício físico programado será apresentado em cada um tópicos desta revisão.

2.1 ENVELHECIMENTO E FUNÇÃO MUSCULAR

O processo de envelhecimento é inerente aos seres vivos e pode ser considerado como a redução da capacidade de adaptação ao meio, da funcionalidade que pode resultar em dificuldades para realizar as atividades da vida diária (SPIRDUSO, 1985). Entre os dos 20 e 30 anos de idade a função musculoesquelética atinge o período de máximo desempenho, mantém-se relativamente estável até a quinta década de vida (VANDERVOORT, 2002; MACALUSO; DE VITO, 2004). A partir dos sessenta anos, no entanto começa a ocorrer uma série de alterações neuromusculares que afetam a função muscular (HAKKINEN *et al.*, 1998; VANDERVOORT, 2002; NARICI *et al.*, 2003).

O conjunto de alterações que envolvem o sistema nervoso e o sistema muscular foi denominado dinapenia (CLARK; MANINI, 2010) e resulta em diminuição da força muscular (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009), da potência muscular (CANDOW; CHILLIBECK, 2005), da capacidade do músculo de resistir à fadiga (PETRELLA, *et al.*, 2005) e pode ter impacto na mobilidade (DELMONICO *et al.* 2009), funcionalidade e independência do idoso (CLARK; MANINI, 2010).

Estudos de corte transversal (LEXELL; TAYLOR, 1991) assim como estudos longitudinais (FRONTERA, 2000; HUGES *et al.* 2001; DELMONICO *et al.*, 2005; GOODPASTER *et al.*, 2006) têm mostrado uma marcada e significativa redução do tecido muscular com o envelhecimento. Esta redução decorre da diminuição do número das fibras musculares observados tanto nas fibras musculares de contração lenta (Tipo I) quanto nas fibras musculares de contração rápida (Tipo II). Adicionalmente, ocorre redução do tamanho (atrofia) das fibras musculares, especialmente nas fibras do tipo II (LEXELL; TAYLOR, 1991; VANDERVORT, 2002; LEXELL, 2000). Como as fibras de contração rápida (tipo II) são intrinsecamente mais fortes que as fibras de contração lenta (tipo I) para uma mesma área muscular, porém com menor quantidade de fibras rápidas a capacidade de gerar força estará reduzida (MACALUSO; DE VITO, 2004). Adicionalmente, exames que utilizaram técnicas de imagem para avaliar a arquitetura muscular, verificaram alterações também atribuídas ao envelhecimento. Os idosos apresentaram área de secção transversa anatômica e fisiológica menor que os jovens, menor comprimento do fascículo e menor ângulo de penação (NARICI; MAGANARIS, 2003; KUBO *et al.*, 2003).

Os estudos longitudinais que avaliaram a taxa de redução da massa muscular após os sessenta anos mostraram redução de 1,0 a 1,5% ao ano independente da técnica utilizada para avaliação (FRONTERA *et al.*, 2000; GOODPASTER *et al.* 2006; DELMONICO *et al.* 2009).

Além da redução da massa muscular observada com o envelhecimento, outra alteração importante é o aumento de tecido não contrátil dentro do músculo. Enquanto que nos jovens o tecido conectivo e a gordura intramuscular representam apenas 6% da área muscular total, nos idosos este valor atinge aproximadamente 14% a 16% da área muscular das mulheres e dos homens respectivamente (KENT-BRAUN, NG, YOUNG, 2000; DELMONICO *et al.* 2009). O aumento da gordura intramuscular está associado à redução da força, pois significa que uma parte importante do tecido muscular está sendo substituído por tecido não contrátil que, portanto não contribui para a sua produção (FRONTERA, 2006).

Embora a redução do tecido muscular represente um importante fator para a redução da força muscular (FRONTERA *et al.*, 2000), ela por si só não explica totalmente as alterações encontradas na capacidade de produzir força observada no

idoso. Ao comparar o ritmo de redução da massa muscular com a redução da força pode se observar que esta declina mais rapidamente do que ocorre com o tecido muscular (GOODPASTER *et al.* 2006; DELMONICO *et al.* 2009) podendo apresentar uma taxa de redução duas a cinco vezes maior que a verificada na área de secção transversa do músculo (DELMONICO *et al.* 2009). O idoso com idade entre 70 e 80 anos apresenta força estática e dinâmica 40% menor que os jovens e esta diferença pode se elevar para 50% a partir dos 90 anos, enquanto que a força excêntrica é bem menos afetada pela idade (VANDERVORT, 2002).

Adicionalmente, ao avaliar a força por unidade de massa muscular, o déficit de força permanece, o que demonstra alterações na qualidade do músculo (menor força por unidade de massa muscular), indicando que outros mecanismos além da quantidade muscular contribuem para os menores valores de força apresentados pelos idosos em comparação aos adultos jovens (GOODPASTER *et al.*, 2006; CLARK; MANINI, 2010).

Dentre os mecanismos que têm sido discutidos como possíveis contribuintes para a redução da força muscular destacam-se as alterações neurais, como o aumento da co-ativação da musculatura antagonista, redução no recrutamento e no sincronismo de ativação das unidades motoras (UMs) (NARICI; MAGANARIS, 2006; CLARK; MANINI, 2010).

As UMs são preservadas até aproximadamente os 60 anos, porém após este período há uma perda acentuada de UMs (LEXELL, *et al.*, 1997). A redução no número de fibras musculares resulta da redução do número de unidades motoras como um todo. Em modelos animais, observou-se que o envelhecimento acarretou redução de 30% no número de unidades motoras rápidas, enquanto que o número de unidades motoras lentas se manteve constante. Entretanto, o número de fibras musculares por unidades motoras lentas aumentou em quase três vezes. Isto ocorre porque as UM lentas expandem seu território e reinervam parte das fibras musculares tipo II desenergizadas (LEXELL; TAYLOR, 1991; ZONGH; CHEN; THOMPSON, 2007) e este fato implica em uma redução da velocidade de contração muscular. Desta forma, o idoso torna-se mais lento e menos apto a responder rapidamente a um distúrbio e, conseqüentemente, mais suscetível a quedas acidentais (PETRELLA *et al.*, 2005).

Adicionalmente, tem sido sugerido que parte das fibras musculares reinervadas por outras UMs lentas não são funcionais e isto resulta em declínio na força específica (DELBONO, 2003). Alterações no comportamento das UM também foram verificadas, por exemplo, a frequência de disparo das UM é menor nos idosos e decorre da redução da excitabilidade dos motoneurônios (KLASS *et al.*, 2008) e possivelmente do aumento do número de fibras com características de contração lenta (AAGAARD *et al.*, 2002). Outro fator que contribui para a redução da função muscular é a diminuição da velocidade de condução nervosa (LAURETANTI; BANDINELLI; BARTALI, 2006; AAGAARD *et al.*, 2002). Desta forma, além da redução dos valores de torque máximo produzido pelos idosos a capacidade de gerar torque rapidamente, ou a taxa de desenvolvimento de torque também é afetada (HAKKINEN *et al.*, 1998; AAGAARD *et al.*, 2007), tanto em ações dinâmicas quanto estáticas (IZQUIERDO *et al.*, 1999; HAKKINEN, *et al.*, 1998).

A taxa de desenvolvimento de torque (TDT) é representada pela inclinação da curva da variação do torque articular pela variação do tempo durante condição de contração muscular isométrica (LARSS; AGAARD, 2006). KLASS *et al.* (2008) compararam jovens e idosos e verificaram que estes não só apresentaram menores valores para a TDT como necessitaram de mais tempo para atingir o pico de torque do que os jovens. No entanto, os autores constataram que a TDT foi mais afetada pelo envelhecimento do que os valores do pico de torque (48% vs 28% respectivamente).

Em idosos, a TDT especialmente dos músculos de membros inferiores tem papel importante na realização de uma série de atividades da vida diária como subir e descer escadas, caminhar (HAKKINEN *et al.*, 1998), responder rapidamente a um escorregão ou tropeço e desta forma podem prevenir a ocorrência de quedas (HAKKINEN *et al.*, 1998; BENTO *et al.*, 2010).

2.1.1 Treinamento de Força e função muscular em idosos

A capacidade de adaptação do sistema neuromuscular ao treinamento físico tem sido demonstrada em diversos estudos que envolveram treinamento de força que empregaram cargas de alta intensidade (FRONTERA, MEREDITH e O'REILLY, 1988; HORTABAGYI *et al.* 2001; KALATHOPARAKOS, *et al.* 2005; PERSCH *et al.*,

2009), ou programas de treinamento de força com cargas progressivas (FIATARONE *et al.*, 1990; HAKKINEN *et al.* 2001) e inclusive em programas de treinamento que utilizaram cargas moderadas (HORTABAGYI *et al.* 2001; KALATHOPARAKOS, *et al.* 2005).

Foram observadas melhorias tanto na força muscular dinâmica (FRONTERA, MEREDITH e O'REILLY, 1988; KALATHOPARAKOS, *et al.* 2005) como no pico de torque isométrico (FERRI *et al.*, 2003; HAKKINEN *et al.* 2001). Adicionalmente foram observados em alguns estudos que o treinamento de força além do aumento do pico de torque, a taxa de desenvolvimento de torque também aumentou (SUETTA *et al.* 2003; HAKKINEN *et al.* 2001). No entanto, incrementos na TDT como resultado do treinamento de força, não foi verificada por HAKKINEN *et al.* (1998).

FRONTERA, MEREDITH e O'REILLY (1988), analisaram o efeito de um programa de treinamento de força em homens sedentários (60 a 72 anos) que envolveu cargas de 80% de uma repetição máxima (1 RM) e verificaram aumento na força de 107% e 226% para os extensores e flexores do joelho respectivamente após doze semanas. O torque isocinético aumentou tanto em baixa velocidade (60°/s) quanto em alta velocidade angular (240°/s). No entanto, o principal achado do estudo, além da capacidade de adaptação muscular apresentado pelos idosos, foi o aumento verificado da área muscular da coxa em torno de 11% e o aumento de 33% e 27,6% observados nas áreas das fibras do tipo I e tipo II, respectivamente.

Resultados semelhantes foram demonstrados por Fiatarone *et al.* (1990) que avaliaram as adaptações musculares em idosos, com idade média de 90 anos (86 – 96 anos) ao treinamento de força. Os idosos participaram do programa de exercícios por 8 semanas (2 vezes por semana) cargas progressivamente aumentadas de 50% a 80% de 1 RM e apresentaram ganho médio de força de 174% nos extensores dos joelhos. Além do aumento da força foram verificados aumento na ordem de 9% da área muscular da coxa. Nestes estudos, foi possível verificar que os idosos possuem boa capacidade de adaptação ao treinamento de força com cargas elevadas e mantêm a capacidade de aumentar a massa muscular mesmo em idades mais avançadas.

Outros estudos realizados com idosos confirmaram a capacidade de adaptação e melhora da função muscular em idosos, ainda que e a magnitude do aumento da força não tenha sido similar aos estudos acima citados. Kalapotharakos

et al. (2005) compararam dois programas de treinamento de força, sendo que um grupo realizou o treinamento de moderada intensidade (60%) enquanto o segundo grupo utilizou cargas de alta intensidade (80%) de 1 RM. Os dois grupos apresentaram melhora na força muscular, porém o grupo que utilizou cargas mais altas melhorou mais (75% vs 41% de aumento no teste de 1-RM para os extensores do joelho). De forma semelhante, Hortobagyi *et al.* (2001) compararam treinamento de alta e baixa intensidade e encontraram aumentos de 33% e 35% para o treinamento de intensidade moderada e alta, respectivamente.

No estudo realizado por Persch *et al.* (2009) com mulheres idosas, o aumento da força dinâmica de membros inferiores após 12 semanas de treinamento realizados 3 vezes por semana em intensidade correspondente a 10 a 12 RM variou de 39% a 97%, dependendo do grupo muscular avaliado. HAKKINEN *et al.* (2001) após treinamento progressivo de força com duração de 21 semanas que variou de 40 a 70% de 1 RM encontraram incremento de força de 29% na força nos extensores dos joelhos.

As características dos participantes como o nível de força antes do início do programa, as características do programa de treinamento quanto à duração e intensidade (LEXELL, 2000; FRONTERA; MEREDITH; O'REILLY, 1988), a realização de familiarização com os procedimentos de avaliação (PLOUTZ-SNYDER; GIAMS, 2001) podem explicar parcialmente as diferentes magnitudes dos resultados encontrados.

O efeito do treinamento de força no pico e na taxa de desenvolvimento de torque também foi avaliado em vários estudos. Suetta *et al.* (2004) avaliaram a força de sujeitos que estavam inativos após período de recuperação pós-operatório e que realizaram 12 semanas de treinamento de força e verificaram aumento de 24% no pico de torque isométrico e na taxa de desenvolvimento de torque de 26% a 45%, dependendo do período de avaliação após o início da contração muscular. Hakkinen *et al.* (2001), além do aumento da força dinâmica já relatado, verificaram aumento no pico de torque de 38% e 54% de aumento na TDT nos primeiros 100 ms após o início da contração muscular. No entanto, Hakkinen *et al.* (1998) ao avaliar um programa de treinamento misto que envolveu uma série para hipertrofia (8 a 10 repetições com carga de 8 RM), uma série para força muscular (3-5 RM) e uma série

para potência (12 a 15 RM realizado em alta velocidade) não verificaram alteração na TDT, embora o pico de torque tenha aumentado 21% no grupo de idosos.

A discrepância entre os resultados pode ser em parte explicada pela diferença que ocorre na forma da avaliação da TDT. Lars e Aagaard (2006), ao analisar a relação entre a força muscular e a TDT verificaram que esta relação existe apenas quando o intervalo entre o início da contração muscular e o ponto de análise da TDT for maior que 90 milissegundos, e quanto maior for este período de tempo maior a correlação.

Embora o treinamento de força seja o método preferencial para melhora da função muscular, que apresente boa adesão por parte dos participantes (CYARTO, BROWN, MARSHALL, 2006) e que o treinamento de força seja seguro para esta população (FRONTERA, MEREDITH e O'REILLY, 1988), várias outras modalidades de exercício têm sido testadas. Programas de exercícios como o Tai Chi (WOLFSON *et al.*, 1996; LI *et al.*, 2005), a dança (HAUER *et al.*, 2001; SOFIANIDIS *et al.*, 2009) e exercícios aquáticos (DEVEREUX ROBERTSON; BRIFFA, 2005; TSOURLOU *et al.*, 2006) têm sido propostos para esta população. Tendo em vista que o presente estudo tem como principal objetivo avaliar os efeitos do treinamento de hidroginástica, a seguir serão apresentados resultados de estudos anteriormente realizados sobre a função muscular de idosos.

2.1.2 Hidroginástica e a função muscular em idosos

A hidroginástica é uma modalidade de exercícios que tem sido utilizada em faixas etárias diversas, mas é entre os idosos que ela apresenta maior adesão (DEVEREUX; ROBERTSON; BRIFFA, 2005). A água apresenta propriedades físicas estáticas e dinâmicas que conferem ao meio aquático características especiais que, quando bem conhecidas podem ser utilizadas para tornar o exercício na água mais efetivo. As propriedades físicas da água, aliada muitas vezes às limitações apresentadas pelos idosos, tais como limitações articulares, osteoporose, sobrepeso entre outras fazem com que esta modalidade seja indicada como forma eficaz de exercício, não só para idosos, mas para as pessoas em condições especiais de saúde como um todo (WILDER; BRENNAM, 1993; QUIN; SEDORY; FISCHER, 1994; GRENN; CABLE; ELMS, 1990).

Especialmente em relação à função muscular, pode-se destacar a flutuação, devido à força de empuxo que além de reduzir o impacto sobre as articulações, fornece um suporte ao corpo, resultando em ações que dificilmente poderiam ser executados em exercícios em terra. O alívio do peso é diretamente proporcional ao nível de imersão do corpo na água (SKINNER, THOMSON, 1985) e depende da relação entre gordura e massa corporal magra e pode ser influenciada também pelo grau de insuflação dos pulmões (BAUM, 2000). Pode ser utilizada também para assistir ou resistir o movimento realizado na água dependendo da direção do mesmo (SKINNER; THOMSON, 1985). A sobrecarga ao exercício na água é aumentada nos movimentos realizados em oposição à sua direção (movimentos direcionados para o fundo da piscina) (SKINNER, THOMSON, 1985).

A força de arrasto se deve à viscosidade do fluido e a fricção ou atrito de suas moléculas ao redor do corpo, que aumentam quando o fluxo da água é turbulento, como ocorre quando nos exercitamos ou nos deslocamos através da água. O arrasto está diretamente relacionado com o tamanho e a forma do corpo e aumenta com o quadrado da velocidade de movimento (BECKER, 2009; SKINNER, THOMSON, 1985).

Na medida em que há uma adaptação, a intensidade do exercício na água pode ser graduada pelo aumento da amplitude dos movimentos o que gera aumento da área projetada, ou pela utilização de equipamentos resistivos que apresentam o mesmo objetivo (aumento da área de contato com a água). Outra estratégia que pode ser utilizada é o aumento da velocidade de execução do exercício, desta forma pode-se promover incremento da sobrecarga e garantir o estímulo muscular para o aumento da força (SKINNER, THOMSON, 1985; BAUM, 2000). Apesar das características do meio aquático apresentadas, poucos estudos foram realizados para verificar os efeitos de um programa de exercícios na água (hidroginástica) sobre a função muscular de idosos (ALVES *et al.*, 2004; TSOURLOU *et al.*, 2006).

Alguns estudos conduzidos no meio aquático com mulheres jovens mostraram aumento da força isotônica (PETRIC; GEORGE, 2001) isométrica e isocinética (PÖYHÖNEN *et al.*, 2002). Em estudo realizado com mulheres de meia idade (50,4 anos) AMBROSINI *et al.* (2010) verificaram aumento da força dinâmica (1 RM) em extensores e flexores de ombro e quadril. Pesquisas realizadas com

idosos, no entanto apresentam resultados conflitantes. Enquanto Taunton *et al.* (1996) não observaram melhora da força muscular, outros estudos verificaram aumento da força dinâmica e do pico de torque isométrico (TAKESHIMA *et al.* 2002; TSOURLOU *et al.* 2006; WANG *et al.*, 2006; KATSURA *et al.* 2010) da força isocinética concêntrica (GUSI *et al.*, 2006). Nenhum dos estudos, no entanto, avaliou o impacto do programa de exercícios aquáticos na taxa de desenvolvimento de torque.

Os programas de treinamento de hidroginástica apresentam características gerais semelhantes, são programas compostos por múltiplas modalidades, como exercícios de flexibilidade, aeróbios como dança (TAKESHIMA, *et al.*, 2002) caminhada (TAKESHIMA *et al.* 2002; GUSI *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 2006; KATSURA *et al.* 2010) combinados com exercícios de força com (TSOURLOU *et al.* 2006; KATSURA *et al.* 2010) ou sem utilização de equipamentos resistivos (GUSI *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 2006).

Tauton *et al.* (1996) realizaram um programa de treinamento generalizado, envolvendo exercícios aeróbios e exercícios de resistência muscular realizados nos meios aquático e terrestre. Eles avaliaram e compararam os efeitos sobre a aptidão física geral de idosas (idade média 70 anos), dentre outras variáveis, a força foi avaliada por meio de teste de preensão manual e de testes de repetições cronometradas de exercícios de flexão extensão de braços e de apoios sobre o solo. Em relação ao programa de exercícios aquáticos não foram encontradas diferenças significativas para a força.

Takeshima *et al.* (2002) avaliou o efeito de um programa de hidroginástica de 12 semanas em um grupo de 30 mulheres com idades entre 60 e 75 anos com duração de 60 minutos realizado 3 vezes por semana. O programa foi composto por 20 minutos de aquecimento, 30 minutos de exercícios aeróbios, composto por dança e caminhada e 10 minutos de exercícios de resistência para membros inferiores. Os resultados indicaram um aumento no torque que variou de 27% a 8% para os extensores e de 40% a 13% para os flexores do joelho dependendo da carga utilizada no equipamento de resistência hidráulica utilizado para avaliar o torque.

Gusi *et al.* (2006) propuseram um programa de hidroginástica com duração de 12 semanas, 60 minutos por sessão realizado 3 vezes por semana. Os sujeitos foram 35 mulheres com diagnóstico de fibromialgia. O programa foi composto por

aquecimento de 10 minutos seguidos de 10 minutos de exercícios aeróbios e 20 minutos de exercícios de força para extensores e flexores do joelho na posição vertical, utilizando apenas a água como resistência (4 séries de 10 repetições) finalizando com mais 10 minutos de exercícios de recuperação. Os resultados demonstraram um aumento de 20% na força isocinética dos extensores e 33% nos flexores dos joelhos.

Wang *et al.* (2006) avaliaram o efeito do programa de hidroginástica na força e na flexibilidade de mulheres com idade média de 66 anos, com baixo nível inicial de força muscular. O programa teve duração de 12 semanas, cada sessão durou 50 minutos divididos em exercícios aeróbios (10 minutos), flexibilidade (10 minutos) e exercícios de força (15 minutos). Os resultados foram de 11% a 26,9% de aumento na força isométrica para as articulações dos joelhos e quadril.

Katsura *et al.* (2010) compararam idosos (idade média de 69 anos) que realizaram oito semanas de hidroginástica, 3 vezes por semana, com ou sem a utilização de equipamentos de resistência. A duração das sessões foi de 90 minutos divididos em aquecimento, exercícios aeróbios e de força muscular de membros inferiores baseados em exercícios de caminhada. Não foram encontradas alterações na força dos extensores do joelho e dorsiflexores, no entanto houve aumento no pico de torque dos plantiflexores em 35,6% sem diferenças entre os grupos. Os resultados foram associados ao papel destes músculos (tríceps sural) tanto na manutenção da postura ereta quanto no deslocamento (caminhada).

Tsourlou *et al.* (2006) realizaram um estudo bem controlado que previu e controlou o aumento da sobrecarga dos exercícios de força ao longo das 24 semanas do programa. Os autores verificaram aumento do torque isométrico dos flexores e extensores do joelho e da força dinâmica, após vinte e quatro semanas do programa de hidroginástica. Os participantes realizaram 25 minutos de exercícios aeróbios seguidos de 25 minutos de exercícios de força para membros inferiores (2 a 3 séries de 12 a 15 repetições). Neste estudo além do aumento da resistência proporcionado pelo uso de equipamentos resistivos, a sobrecarga foi gradativamente incrementada com o aumento da cadência na execução dos exercícios ao longo do programa de exercícios (ritmo da música).

Os resultados apresentados indicam que o treinamento na água pode proporcionar aumento da força muscular de membros inferiores. Os programas de

treinamento foram compostos por exercícios aeróbios combinados com exercícios resistidos, principalmente para a musculatura de membros inferiores. No entanto, o tipo de atividade aeróbia variou entre os programas de treinamento, o mesmo ocorreu em relação à duração e ao número de exercícios resistidos e repetições empregadas.

2.2 CONTROLE POSTURAL

Um adequado controle postural consiste em manter o centro de massa do corpo dentro da base de suporte na posição ereta quieta, durante movimentos realizados voluntariamente ou em resposta a perturbações externas (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989). Desta forma, o controle postural requer a habilidade de prever, detectar e codificar as características de qualquer distúrbio na postura, ativo ou passivo, para então selecionar as fontes de informações sensoriais mais confiáveis dentre as disponíveis (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989; HORAK, 2006). O controle postural depende também da seleção e da adaptação uma resposta corretiva ou preventiva que deve ser executada dentro das limitações biomecânicas e físicas do ambiente (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989; HORAK, 2006).

O sistema de controle postural atua no sentido de atender a dois objetivos comportamentais que são a orientação postural e o equilíbrio postural e para tal envolvem todos os componentes do sistema sensorio motor e músculo esquelético (HORAK, MACPHERSON, 1996). A orientação postural se refere à capacidade de manter o posicionamento e o alinhamento dos segmentos corporais, uns em relação aos outros e entre estes segmentos e o ambiente (HORAK, MACPHERSON, 1996). O equilíbrio postural é definido como sendo o estado em que todas as forças que agem sobre o corpo, internas (torque articulares) e externas (gravitacionais, inerciais de atrito e de reação), estejam equilibradas. Quando isto ocorre, o corpo tende a manter uma posição desejada, como ocorre na posição ereta, ou pode mover-se de forma controlada (WINTER, 1995; HORAK, MACPHERSON, 1996; WOOLLACOTT; TANG, 1997).

A manutenção da postura depende da integração das informações geradas pelos principais sistemas sensoriais (visual, vestibular e somatosensorial) pelo sistema nervoso central que deverá, dependendo da tarefa a ser realizada e do

contexto ambiental proporcionar uma ação motora apropriada (HORAK, MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; BUGNARIU; FUNG, 2007). Sendo assim, pode se dizer que o relacionamento complexo entre os sistemas sensoriais e a atividade muscular determina o êxito na obtenção das metas comportamentais de equilíbrio e orientação posturais (BARELA, 2000).

O sistema visual auxilia no controle postural permitindo a identificação de objetos no espaço além de determinar seu movimento, ou seja, fornece informações sobre o ambiente externo. Adicionalmente este sistema informa sobre a posição do nosso corpo no espaço, sobre a relação entre as diferentes partes do corpo e sobre os movimentos corporais, especialmente sobre a posição e movimento da cabeça em relação aos objetos que estão em nossa volta (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006).

O sistema somatossensorial recebe informações de diversos sensores espalhados pelo corpo, que incluem os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi, receptores articulares e cutâneos e que fornecem ao SNC dados referentes à posição e velocidade dos segmentos corporais, a relação entre estes segmentos e o ambiente além de informações de contato (toque) com objetos externos, incluindo a superfície de contato (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006).

O sistema vestibular por sua vez baseia-se em informações do aparato vestibular para fornecer informações ao SNC sobre a posição da cabeça em relação à gravidade, utiliza dados referentes à aceleração linear e angular da cabeça. As informações vestibulares atuam na manutenção do equilíbrio, pois ajudam a estabilizar os olhos e manter a estabilidade postural enquanto estamos em pé, parados ou enquanto caminhamos (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006).

O sistema de controle postural recebe informações dos diferentes sistemas sensoriais e precisa integrá-los de modo a gerar uma resposta postural. Esta resposta será dada em função da tarefa a ser realizada e das condições do ambiente, sendo assim o sistema de controle postural atribui pesos diferentes as informações provenientes dos sistemas sensoriais e elege as mais adequadas para fazer frente à demanda presente. Devido a esta capacidade do SNC em modificar a importância relativa de qualquer sentido para o controle postural, é possível manter a

estabilidade mesmo em ambientes e condições variadas (SHUAMY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006; HORAK, 2006).

Três padrões de movimentos para controlar a oscilação do centro de massa do corpo têm sido descritos e são denominados de estratégias. Estes movimentos resultam de torques gerados em torno do tornozelo, do quadril e de outras articulações. A utilização de uma estratégia ou inclusive de uma combinação delas, depende do contexto (tarefa e ambiente) e têm como objetivo reposicionar o centro de massa do corpo dentro dos limites de estabilidade dentro da base de suporte (determinada pela área que envolve as bordas externas dos pés, em pessoas que não utilizam dispositivos de auxílio como bengalas e andadores), (HORAK, MACPHERSON, 1996; HORAK, 2006; SHUAMY-COOK; WOLLACOTT, 2003; MAKI; MCILROY, 2006).

A estratégia do tornozelo é a mais frequentemente utilizada, nesta, o centro de massa do corpo é reposicionado pela ação dos músculos flexores e extensores do tornozelo que geram torques nesta articulação movimentando o corpo nas direções anterior ou posterior. Este padrão de movimento é normalmente utilizado em resposta a pequenas perturbações de baixa velocidade (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989; HORAK, MACPHERSON, 1996).

A estratégia do quadril permite o reposicionamento do centro de massa do corpo pelo movimento de flexão ou extensão do quadril. Esta estratégia é utilizada em respostas a perturbações rápidas e de maior magnitude ou quando a superfície de apoio não é menor que a base proporcionada pelos pés (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989; HORAK, MACPHERSON, 1996).

Quando as estratégias do tornozelo e do quadril não são suficientes para reposicionar o centro de massa (grandes e rápidas perturbações) a estratégia do passo é utilizada. Desta forma a base de suporte é ampliada e o equilíbrio recuperado (HORAK, MACPHERSON, 1996; MAKI; MCILROY, 2006).

Com o processo de envelhecimento, no entanto, pode haver uma redução na capacidade dos sistemas sensoriais em detectar os estímulos e prontamente utilizá-los para o controle postural. Em relação ao sistema somatossensorial, pode ocorrer uma diminuição da sensibilidade tátil, aumento dos limiares de vibração, perda do número de receptores periféricos e redução das fibras sensoriais que inervam os receptores periféricos. Estes fatores farão com que o idoso passe a depender mais

dos sistemas visual e vestibular para manter a estabilidade. O sistema visual pode ter sua capacidade reduzida. Desta forma, há diminuição da acuidade visual, mais luz é necessária para ver um objeto e pode ocorrer redução da sensibilidade gerando problemas de percepção do contorno e profundidade. Em relação ao sistema vestibular, pode ocorrer uma redução das células ciliares e nervosas e degeneração dos otólitos que podem produzir vertigem posicional e o desequilíbrio durante a marcha (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006; HORAK, 2006). Além das alterações em cada um destes sistemas, o idoso pode ter a sua capacidade em redistribuir o peso das informações sensoriais reduzida, o que dificulta o controle postural em condições e ambiente variável (HORAK, 2006).

A resposta motora também apresenta alterações com o envelhecimento. Os idosos podem apresentar uma maior latência para a resposta muscular tanto para responder a perturbações externas inesperadas quanto para ajustes posturais antecipatórios a movimentos voluntários (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989). Este atraso na resposta motora pode ocorrer pela necessidade de maior tempo para decodificar o estímulo ou para processar essas informações, que resultam em aumento do tempo de reação (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989).

Perda severa da força e da mobilidade pode resultar em inabilidade para realizar determinados movimentos posturais (HORAK, SHUPERT, MIRKA, 1989). Alterações na postura podem levar o centro de massa do corpo para próximo dos limites da base de suporte, assim, mesmo uma quantidade relativamente pequena de oscilação poderá requerer o uso da estratégia do passo (MAKI; MCILROY, 2006).

2.2.1 Avaliação do controle postural

Estudos para avaliar os mecanismos e as estratégias de controle postural e equilíbrio têm sido conduzidos, tanto com o objetivo de verificar a capacidade de controle em posição vertical estável quanto em condições de equilíbrio perturbado onde há alteração na base de apoio (translação ou rotação) (LIN, WOOLACOTT, 2005) ou outro mecanismo de distúrbio como aplicação de sobrecargas (peso) no tronco ou cintura do avaliado (MADEMLI, ARAMPATZIS, KARAMANIDIS, 2008). O equilíbrio tem sido frequentemente avaliado na plataforma de força, através da

análise do deslocamento do centro de pressão (CP) que corresponde ao ponto de aplicação da resultante das forças verticais agindo sobre a superfície de suporte (FREITAS; DUARTE, 2010). São avaliados, dentre outras, a amplitude do CP nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML), a velocidade de oscilação a excursão e a trajetória do CP (BRAUER; BURNS; GALLEY, 2000; WOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2003; Du PASQUIER *et al.*, 2003; PIRTOLA *et al.* 2006).

Diversas condições experimentais são utilizadas, as informações sensoriais são manipuladas com o objetivo de verificar o grau de relevância de cada sistema no controle postural e a capacidade de adaptação as alterações referentes a essas informações. As condições mais comuns são as avaliações com olhos abertos e olhos fechados (BRAUER; BURNS; GALLEY, 2000), base de apoio normal (pés paralelos em afastamento próximo a largura do quadril) (Du PASQUIER *et al.*, 2003; MELZER; BENJUYA, KAPLANSKI, 2003) base de apoio reduzida (MELZER; BENJUYA, KAPLANSKI, 2003), unipodal (GILL, *et al.*, 2001; BURDET; ROUGIER, 2007); sobre uma base de apoio firme ou flexível (MATHERSON; DARLINGTON; SMITH, 1998; GILL, *et al.*, 2001) e utilizando tarefas concorrentes que demandam atenção (MELZER; BENJUYA, KAPLANSKI, 2003).

O equilíbrio pode também ser avaliado por uma variedade de testes que envolvem diferentes metodologias e podem ser classificados em estáticos, cronometrados, funcionais, observacionais e subjetivos (COWLEY e KERR, 2003). Dentre esses testes, os mais utilizados são o Escala de Equilíbrio e Mobilidade Orientada pelo Desempenho- POMA (GOMES, 2003), o Levantar e Caminhar Cronometrado - TUGT (SHUMWAY & WOOLLACOTT, 2003), o Teste de Alcance Funcional - AF (SILVEIRA *et al.*, 2006) e a Escala de Equilíbrio de Berg – BBS (MIYAMOTO *et al.*, 2004).

2.2.2 Exercício físico e equilíbrio postural em idosos

Diferentes modalidades de exercícios e seus possíveis efeitos sobre o equilíbrio postural de idosos têm sido investigados. Dentre estas modalidades destaca-se o treinamento de força, realizado com a utilização de cargas progressivas (BUCHNER *et al.*, 1997) ou combinado com exercícios aeróbios e posturais (JUDGE *et al.*, 1993) e de potência (ORR *et al.*, 2006).

Outras modalidades compostas especificamente por exercícios de equilíbrio e posturais (BALLARD *et al.*, 2005; SHUMWAY *et al.*, 2007; DUNN *et al.*, 2008) foram investigados, além de programas envolvendo atividades de coordenação mais complexas como a dança (SOFIANIDIS *et al.*, 2010), Tai Chi (WOLFSON *et al.*, 1996; LI *et al.*, 2004) e atividades aquáticas (SIMMONS, HANSEN, 1996; ALVES *et al.*, 2004; DEVEREUX *et al.*, 2005; DOURIS *et al.*, 2003). Devido aos objetivos do presente estudo, serão apresentados a seguir os resultados de pesquisas que avaliaram especificamente os efeitos do treinamento de força e de hidroginástica no controle postural em idosos.

2.2.3 Treinamento de força e controle postural de idosos

Adicionalmente às alterações dos sistemas sensoriais, o sistema motor, conforme descrito anteriormente também apresenta modificações com a idade, tais como a redução da força (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009), da potencia muscular (CANDOW; CHILLIBECK, 2005) e o aumento do tempo de reação (ERA *et al.*, 1996), podem causar dificuldades para o idoso manter ou recuperar o equilíbrio durante a realização de tarefas diárias.

Alguns estudos têm avaliado a relação entre a força muscular de membros inferiores e o controle do equilíbrio em idosos e os resultados apontam que a redução da força dos músculos flexores (DAUBNEY; CULHAM, 1999) e extensores do tornozelo são fortes preditores do desempenho em testes de equilíbrio funcional (LIN; WOOLLACOTT, 2005). No entanto, Maki, McIlroy (1996) defendem que a manutenção da postura ou mesmo a recuperação do equilíbrio após perturbação externa não necessitam de grandes quantidades de força muscular. A capacidade de gerar força apresentadas pelos idosos estaria acima do limite mínimo necessário de força para manutenção do equilíbrio (MAKI, McILROY, 1996).

A importância do sistema musculoesquelético na manutenção e principalmente na recuperação do equilíbrio em resposta à ação de forças externas com o objetivo de evitar quedas pode depender mais da capacidade de produzir rapidamente do que do pico de produção de força (PIJNAPPELS *et al.*, 2008; BENTO *et al.*, 2010). Em função disso vários estudos foram realizados para verificar

os efeitos do treinamento de força no controle postural de idosos (BUCHNER *et al.* (1997; SCHLICHT, CAMAIONE e OWEN, 2001; BRANDON *et al.*, 2004).

Buchner *et al.* (1997) avaliaram o efeito de um programa de treinamento de força progressivo com carga entre 50% a 75% de uma repetição máxima (1 RM) no controle postural, o programa teve duração de 24 semanas, 3 sessões semanais com uma hora de duração. Participaram do estudo idosos com idade entre 68 e 85 anos, o equilíbrio dinâmico foi avaliado por testes de caminhada com base de apoio reduzida, *tandem* e pela manutenção do equilíbrio sobre uma superfície instável. Não foram encontradas diferenças no controle postural após o programa de treinamento.

Schlicht, Camaione e Owen (2001) treinaram 24 idosos com idade entre 61 e 87 anos durante oito semanas e avaliaram o efeito do programa de treinamento na força, funcionalidade e no equilíbrio estático. Foram realizadas duas sessões semanais de exercícios para membros inferiores (2 séries de 10 repetições) com cargas em torno de 75% de 1 RM. O grupo apresentou aumento da força máxima ao final do programa, porém não houve melhora no equilíbrio. O equilíbrio foi avaliado pelo tempo de permanência em apoio unipodal com olhos fechados (equilíbrio estático).

Brandon *et al.* (2004) analisaram o efeito de longo prazo (24 meses) de um programa de treinamento de força com cargas progressivas (50 a 70% de 1 RM) na força e na funcionalidade de idosos. Participaram do estudo 55 idosos (60-86 anos) que se exercitaram três vezes por semana com duração de uma hora com exercícios específicos para membros inferiores. Os resultados mostraram aumento da força muscular, melhora da mobilidade. No entanto, o equilíbrio avaliado pelo teste de alcance funcional não apresentou alteração.

Em estudo realizado para verificar o efeito de um programa de treinamento de resistência de baixa intensidade na força e na funcionalidade de idosos Westhoff, Stemmerik e Boshuizen (2000) propuseram um treinamento com uso de faixas elásticas. Participaram do estudo idosos com valores iniciais para torque dos extensores de joelhos menor que 87,5 N.m e realizaram 10 semanas de exercícios com três sessões semanais. Foi avaliado o torque dos extensores do joelho, teste de levantar, caminhar e voltar cronometrado, caminhada com obstáculos e equilíbrio estático. Para avaliar o equilíbrio os idosos permaneciam até 10 segundos em três

diferentes condições, pés paralelos, semi-tandem e tandem. A força dos extensores do joelho aumentou 54% porém o equilíbrio estático não sofreu alterações após o treinamento de força.

Alguns estudos que utilizaram o treinamento de força combinado com exercícios de equilíbrio e caminhada verificaram que além do incremento da força o equilíbrio melhorou (JUDGE *et al.*, 1993; DIBREZZO *et al.*, 2005). O mesmo foi observado quando o treinamento de força foi executado com alta velocidade (ORR *et al.*, 2006).

Estes resultados são confirmados por Orr, Raymond e Singh (2004) que revisaram estudos de treinamento de força para verificar a eficácia destes programas no equilíbrio de idosos e concluíram que o treinamento de força realizado isoladamente parece não ser uma estratégia eficaz para melhora do equilíbrio. Além disso, os autores concluíram que a melhora do equilíbrio pode estar mais relacionado com o treinamento de potência do que com o treinamento de força.

2.2.4 Hidroginástica e equilíbrio postural em idosos

Os programas de hidroginástica ou de exercícios aquáticos direcionados à melhora do controle postural são baseados em algumas das propriedades físicas estáticas e dinâmicas da água. A flutuação causada pela força de empuxo proporciona um alívio do peso corporal, que depende entre outros aspectos da composição corporal, da quantidade de ar nos pulmões e da profundidade de imersão (SKINNER; THOMSON, 1985; BECKER, 2009). Esse alívio do peso corporal causa alterações na percepção do contato dos pés com o solo e pode gerar instabilidade postural (GEIGLE, GOULD e HUNT, 1997).

Adicionalmente à flutuação, o movimento dos segmentos corporais através da água provoca turbulência que por sua vez torna-se uma fonte de perturbação do equilíbrio (SKINNER; THOMSON, 1985; MELZER *et al.*, 2008; BECKER, 2009). Além disso, a turbulência da água exige estabilização central (co-contração de músculos abdominais e dorsais) antes que o movimento distal seja realizado, desta forma pode proporcionar melhora do alinhamento postural (RUOTI, MORRIS, COLE, 2000) e estabilidade do tronco (DEVEREUX; ROBERTSON; BRIFA, 2005). Os

músculos do tornozelo (flexores e extensores) são estimulados pela constante movimentação do corpo decorrente do movimento da água causada pela turbulência o que pode ser um estímulo para aumentar a propriocepção nestes músculos (DEVEREUX; ROBERTSON; BRIFA, 2005).

Simmons e Hansen (1996) compararam os efeitos de um programa de exercícios para membros inferiores realizado nos meios aquático e terrestre no equilíbrio postural de idosos. Participaram 52 sujeitos com idades entre 74-90 anos de idade, classificados como alto risco para quedas. O programa de exercícios teve duração de cinco semanas e foi composto de exercícios de caminhada estacionária e em deslocamento com variação de direção, chutes e movimentos de flexão dorsal e plantar dos tornozelos. O equilíbrio foi avaliado pelo teste de alcance funcional e ao final do programa, os dois grupos aumentaram a distância no teste indicativo de melhora no equilíbrio, porém, o grupo que se exercitou na água teve melhora mais acentuada comparado ao grupo de treinamento terrestre.

Douris *et al.* (2003) realizaram dois programas de treinamento idênticos, porém, um grupo realizou os exercícios no meio aquático enquanto o outro realizou-os fora da água. Os participantes tinham idade entre 68-91 e foram avaliados pelo teste de equilíbrio de Berg. Os autores escolheram esta metodologia por englobar 14 diferentes atividades que proporcionam uma avaliação mais ampla do equilíbrio. Ao contrário dos resultados apresentados por Simmons e Hansen (1996), neste estudo ambos os grupos incrementaram o equilíbrio sem diferença entre os dois meios aquático e terrestre.

Devereux, Robertson e Brifa (2005) avaliaram o efeito do exercício aquático no equilíbrio, no medo de cair e na qualidade de vida de idosas. As participantes tinham entre 65 e 82 anos, possuíam diagnóstico de osteopenia ou osteoporose. O programa teve duração de dez semanas, realizados duas vezes por semana e foi composto por exercícios de Tai Chi adaptados para a piscina, força, postura, caminhada, proprioceptivos para os tornozelos e equilíbrio. O equilíbrio foi avaliado pelo número de passos realizados sobre um banco (7,5 cm) a partir da posição parada com um dos pés apoiado no solo durante quinze segundos, o teste é repetido com a outra perna (equilíbrio dinâmico). Houve melhora do equilíbrio dinâmico, que foi atribuído pelos autores às características do meio aquático que resultam em estímulos para os sistemas visual, vestibular e perceptivo.

Outros estudos realizados na água tiveram a avaliação do equilíbrio como objetivo secundário (TSOURLOU *et al.*, 2006) ou como componente de um conjunto de testes para avaliar a aptidão física relacionada à saúde (ALVES *et al.*, 2004). A duração dos programas de treinamento foi de 24 e 12 semanas respectivamente e em ambos os estudos foram aplicados os testes cronometrados de levantar de uma cadeira, caminhar e voltar que avalia o equilíbrio dinâmico e agilidade. Os dois estudos apresentaram melhora no equilíbrio decorrente dos treinamentos. Não são conhecidos estudos com idosos que tenham avaliado o equilíbrio por meio de testes em plataforma de força (estabilometria) após programa de exercícios de hidroginástica em idosos. A avaliação do controle postural na plataforma de força pelo deslocamento do CP permite identificar pequenas variações na postura e tem sido descritas como altamente sensíveis e são empregadas como referência para determinar modificações do controle postural (SHUMWAY & WOOLLACOTT, 2003).

2.3 FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE

Um importante foco de interesse da pesquisa sobre o envelhecimento diz respeito à funcionalidade e a capacidade do idoso em realizar atividades cotidianas e viver de forma independente na comunidade. A forma como o idoso caminha pode informar de maneira objetiva sobre a sua condição de mobilidade e é um importante indicador de independência funcional (GURALNIK; FIRED; SALIVE, 1996; GURALNIK *et al.*, 2000).

2.3.1 Funcionalidade

A funcionalidade, ou a capacidade funcional tem um caráter multifatorial e normalmente deve ser avaliada sobre os âmbitos físico, cognitivo e emocional. No contexto do presente estudo será destacada a capacidade funcional no aspecto físico que abrange a participação dos sistemas sensoriais e motores na realização de tarefas específicas de forma independente (ALVES *et al.*, 2000; ROSA *et al.*, 2003).

A funcionalidade pode ser avaliada com base na realização das atividades básicas da vida diária (AVD) que envolvem a capacidade para alimentar-se, banhar-se e vestir-se também denominadas atividades de cuidado pessoal. Outra forma de avaliação é pela capacidade de realizar atividades mais complexas como utilizar meios de transporte, fazer compras, carregar pesos leves e realizar tarefas domésticas e são denominadas atividades instrumentais da vida diária (AIVD), que são fundamentais para a vida em sociedade (FRIED *et al.*, 2004).

A mobilidade é outro indicador importante para se avaliar a capacidade funcional e envolve desde atividades mais simples como mover-se da cama para uma cadeira, caminhar pequenas e longas distâncias, subir e descer escadas, atividades estas que demandam grande amplitude articular, resistência, força (GURALNIK; FRIED; SALIVE, 1996) e potência muscular (FOLDVAR *et al.*, 2000; MISZKO *et al.*, 2003).

De acordo com o que foi previamente relatado a capacidade de produzir força máxima e potência é afetada pelo envelhecimento (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009; CANDOW; CHILLIBECK, 2005) e os idosos geralmente realizam as tarefas cotidianas em esforço relativo maior quando comparado aos jovens que podem variar de 78% a 88% da força máxima para subir, descer escadas e levantar-se de uma cadeira (HORTOBAGYI *et al.*, 2003). Desta forma, qualquer declínio adicional da capacidade física pode levar o idoso para uma situação de dependência para realizar as atividades da vida diária (RIKLI, JONES, 1999). No entanto, a capacidade de adaptação ao treinamento do idoso foi demonstrada em vários estudos nos quais foram observadas adaptações na morfologia e na função muscular (FRONTERA *et al.*, 2000; CANDOW; CHILLIBECK, 2005; KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005; DELMONICO *et al.*, 2009; PERSH *et al.*, 2009).

2.3.2 Marcha

Como apresentado anteriormente, a mobilidade é um indicador da capacidade funcional e pode ser objetivamente avaliada pelo desempenho da marcha. A marcha é caracterizada por uma sequência de eventos que tem como objetivos permitir o deslocamento do homem de um local a outro, ao mesmo tempo em que mantém a estabilidade postural. O ato de caminhar depende então do movimento periódico de

cada pé, de uma posição de suporte para a próxima e de forças de reação do solo suficientes, aplicadas através dos pés, para suportar o peso do corpo (VAUGAHN; DAVIS; O'CONNOR, 1999).

Os eventos que se repetem em um determinado período de tempo e caracterizam a marcha são: o contato do pé com o solo, que geralmente é realizado pelo calcanhar e a retirada do pé do solo. Ocorrem então quatro eventos, dois com cada membro inferior de forma sequencial, ou seja, o contato inicial de um dos pés seguido da retirada do pé oposto do solo, em seguida o pé oposto realiza o contato enquanto que o pé inicial é retirado (KAUFMAN; SUTHERLAND, 2006).

Existe uma fase de apoio duplo, em que os dois pés estão em contato com o solo, para transferência do peso do corpo de um pé para o outro. Quando esta sequencia de eventos é repetida por um dos membros é denominada ciclo da marcha (PERRY, 2005).

O ciclo da marcha pode ser caracterizado por duas fases distintas, a fase de apoio e a fase de balanço. A fase de apoio corresponde ao momento em que o pé está em contato com o solo enquanto que a fase de balanço é caracterizada pelo momento em que o membro inferior analisado é deslocado para frente, acima do solo para buscar uma nova posição de apoio. O ciclo da marcha (se considerarmos o contato do calcanhar como início) começa com o duplo apoio inicial, seguido da fase de apoio simples, onde o pé oposto deixa o solo iniciando a fase de balanço, neste momento o peso do corpo permanece totalmente sobre o membro que está apoiado no solo. O duplo apoio terminal (3ª subdivisão) do ciclo da marcha inicia quando o pé da perna que estava na fase de balanço, faz o contato com o solo continuando até que o membro (original de apoio) é elevado para a fase de balanço (PERRY, 2005; VAUGAHN; DAVIS; O'CONNOR, 1999; KAUFMAN; SUTHERLAND, 2006).

A distribuição normal entre os tempos de apoio e balanço é de 62% e 38% respectivamente do tempo total do ciclo da marcha em velocidade usual. A duração das fases é de 12% para cada apoio duplo e de 38% para o apoio simples, o que equivale a dizer que 76 % do ciclo da marcha ocorrem com apenas um dos pés apoiados no solo (KAUFMAN; SUTHERLAND, 2006).

A velocidade apresenta relação inversa com as fases da marcha, pois com o aumento da velocidade há uma redução o tempo de apoio e aumento do tempo de

balanço. Entre as subdivisões do apoio, quando a velocidade aumenta, o tempo de apoio simples aumenta e reduz o tempo de duplo apoio, ocorrendo o inverso quando a velocidade diminui momento em que há aumento da duração do apoio duplo (PERRY, 2005).

O ciclo da marcha pode ainda ser analisado de acordo com seus aspectos funcionais e a importância funcional dos diferentes movimentos que ocorrem nas articulações individuais. Kaufman e Sutherland (2006) consideram seis períodos da marcha e correlacionam com as respectivas funções. A fase de apoio duplo inicial (0-12% do ciclo) cuja função é a aceitação da carga e transferência do peso. A fase de apoio simples (12 – 50% do ciclo) onde a função é sustentar o peso do corpo enquanto o centro de massa se desloca para frente. A segunda fase de duplo apoio (50 – 62% do ciclo) momento que serve para descarregar o peso do corpo e preparar para o balanço. O balanço é subdividido em balanço inicial (62 – 75% do ciclo) onde o pé é elevado, balanço médio (75 – 85 %) com a função de avançar o membro inferior para frente do corpo e balanço final (85 – 100% do ciclo) cujo objetivo é desacelerar o membro e preparar para a transferência do peso.

A marcha também sofre alterações com o envelhecimento. Vários estudos foram realizados para verificar o efeito da idade sobre os parâmetros cinemáticos da marcha. Estudos que compararam a velocidade da marcha entre jovens e idosos, caminhando em velocidade confortável, auto selecionada, observaram que os idosos apresentam menor velocidade de deslocamento que os adultos jovens (OSTROSKI; VANSWEARINGEN; BURDETT; GEE, 1994; KERRIGAN *et al.*, 1998) e que estas diferenças ocorrem tanto em superfície plana quanto quando o idoso caminha e superfícies irregulares (MENZ; LORD; FITZPATRICK, 2003) porém, podem ser acentuadas pelas condições irregulares do terreno (BUTLER; DRUZIN; SULLIVAN, 2006). Adicionalmente, foi verificada redução do comprimento do passo e da passada (HAGEMAN; BLANKE, 1989; OSTROSKI; VANSWEARINGEN; BURDETT; GEE, 1994; KERRIGAN *et al.*, 1998; MENZ; LORD; FITZPATRICK, 2003), da largura do passo (BLANKE; HAGEMAN, 1989) e da elevação do pé durante a fase de balanço e aumento da fase de apoio têm sido observadas (PRINCE *et al.*, 1997; BUTLER; DRUZIN; SULLIVAN, 2006)..

Outros estudos foram conduzidos com o objetivo de verificar os padrões cinemáticos da marcha em diferentes velocidades, sendo que os idosos

apresentaram para qualquer velocidade de caminhada menor comprimento de passada do que os adultos jovens (CROWINSHIELD; BRAND; JOHNSTON, 1977; KANG; DINGWELL, 2008). Em relação ao tempo de duração das fases de apoio e balanço, foi verificado o aumento da fase de duplo apoio, que pode ser decorrente de dificuldades do idoso em manter o equilíbrio durante a fase de apoio simples (BUTLER; DRUZIN; SULLIVAN, 2006).

Neste sentido o interesse em verificar o impacto dessas alterações decorrentes do treinamento na capacidade funcional e mobilidade dos idosos tem resultado em uma série de pesquisas (FOLDVARI *et al.*, 2000; HENWOOD; RIEK; TAAFFE, 2008; VICENT *et al.*, 2002; HUNTER; McCARTHY; BAMMAN, 2004; ALVES *et al.*, 2004; ZEN-BO *et al.*, 2007; BOTTARO *et al.*, 2007; PERSCH, *et al.*, 2009). Adicionalmente, procedimentos distintos têm sido utilizados para avaliar a funcionalidade e verificar o efeito de diferentes programas de exercício físico. São utilizados o auto-relato da capacidade funcional por meio de questionários ou a avaliação objetiva do desempenho funcional através de testes físicos que envolvem atividades similares às atividades cotidianas (RIKLI, JONES, 1999; GURALNIK *et al.*, 1995).

2.3.3 Efeitos do treinamento de força na funcionalidade e mobilidade

O treinamento de força e seus efeitos na funcionalidade e mobilidade de idosos têm sido investigados e alguns resultados apontam para melhora da força e da capacidade funcional (VICENT *et al.*, 2002; HENWOOD *et al.*, 2002; KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005) da mobilidade (PERSCH *et al.*, 2009), enquanto outros não verificaram alteração na funcionalidade com o treinamento (MISZKO *et al.*, 2003; BOTTARO *et al.*, 2007).

A discrepância entre os resultados pode ser em decorrência das diferenças na capacidade física inicial dos sujeitos, pois os idosos mais frágeis parecem obter maiores ganhos na funcionalidade decorrentes do treinamento de força quando comparados com os idosos fisicamente mais fortes (HUNTER; McCARTHY; BAMMAN, 2004).

O tipo de teste utilizado para avaliar a capacidade funcional pode ser outro fator que contribua para a discordância de resultados entre os diferentes estudos

analisados. Os ganhos de força experimentados pelo treinamento estão mais relacionados com as tarefas funcionais de maior exigência física como levantar de uma cadeira, por exemplo. Contrariamente, tarefas de menor demanda como caminhar pequenas distâncias em baixa intensidade exigem baixos níveis de força e, portanto não se beneficiam de ganhos adicionais de força proporcionados pelo treinamento (BARRY; CARSON, 2004).

Ao comparar os efeitos do treinamento de força realizado em duas intensidades (moderado vs intenso) no tempo para subir 24 degraus de escada, Vicent *et al.* (2002) não encontraram diferença entre os tipos de treinamento. Tanto o grupo que treinou em intensidade moderada quanto o grupo que treinou em alta intensidade melhoraram a força e reduziram o tempo necessário para subir escadas.

Kalapotharakos *et al.* (2005) também compararam o treinamento de força em moderada intensidade (60% de 1 RM) com o treinamento realizado em alta intensidade (80% de 1 RM). Neste estudo, embora o grupo que treinou em intensidade alta tenha obtido maiores ganhos de força, o desempenho nos testes funcionais melhorou nos dois grupos. Os testes utilizados para avaliação foram de velocidade da marcha (6,1 m), tempo para subir escadas e levantar e sentar em uma cadeira.

Miszko *et al.* (2003) no entanto, submeteu idosos com baixa capacidade funcional a dois tipos de treinamento, força e potência durante 16 semanas. Ao final do estudo os autores verificaram que o treinamento de força não alterou o desempenho nos testes funcionais. A bateria de testes utilizada envolveu exercícios de equilíbrio, coordenação, resistência e força de membros inferiores.

Em estudo conduzido para avaliar e comparar o efeito de um treinamento de força (60% de 1 RM) realizado em baixa velocidade de contração com outro realizado com alta velocidade, Bottaro *et al.* (2007) treinaram 20 sedentários durante dez semanas. A bateria de testes de Rikli e Jones (1999) composta por exercícios de força para membros superiores e inferiores, agilidade e equilíbrio dinâmico foi utilizada. Apenas o grupo que executou o treinamento com alta velocidade obteve melhora na funcionalidade, enquanto que o grupo de treinamento em baixa velocidade não modificou o desempenho nos testes funcionais.

Resultados de estudos que revisaram trabalhos cujo objetivo foi avaliar os efeitos do treinamento de força na funcionalidade têm indicado que o treinamento de

força pode não ser a forma mais eficaz de intervenção para melhorar a funcionalidade. As tarefas funcionais como subir e descer escadas, levantar de uma cadeira e andar rapidamente para atravessar uma rua, por exemplo, estão mais relacionadas à capacidade de gerar força rapidamente do que com a produção de força máxima em si (BARRY; CARSON, 2004; Steib *et al.*, 2010; TSCHOOP *et al.*, 2011).

O efeito do treinamento de força de alta intensidade na mobilidade, avaliada pelas características cinemáticas da marcha, foi analisado por Persch *et al.* (2009). Os resultados de doze semanas de treinamento de força em idosas mostraram melhora de variáveis da marcha que estão associadas ao risco de quedas. Foram encontrados aumento da velocidade usual, do comprimento da passada, da cadência e da elevação do pé durante a fase de balanço.

Contrariamente, Buchner *et al.* (1997) não encontraram alterações na marcha após submeter um grupo de idosos (68-85 anos) a três tipos de treinamento, no desempenho da marcha, sendo um deles treinamento de força. No entanto, a avaliação da marcha foi realizada pelo tempo para percorrer quarenta metros em velocidade usual. Desta forma a comparação dos resultados deve ser realizada com cautela.

Outros estudos que avaliaram o desempenho da marcha após treinamento de força utilizaram programas de treinamento combinados com exercícios aeróbios e de caminhada e não permitem comparação com os programas de treinamento exclusivamente de força muscular (ZEN-BO *et al.*, 2007; PROTAS; TISSIER, 2009).

2.3.4 Efeito do treinamento de hidroginástica funcionalidade e mobilidade

Os efeitos do treinamento de hidroginástica na funcionalidade e na mobilidade de idosos têm sido investigados e são geralmente compostos por exercícios aeróbios, de força ou resistência muscular e flexibilidade (ALVES *et al.*, 2004; TSLORLOU *et al.*, 2006; KATSURA *et al.*, 2010; BENTO *et al.*, *in press*).

Ao realizar exercícios na piscina as forças resistivas impostas em decorrência da maior viscosidade da água em relação ao meio terrestre aumentam. A velocidade de deslocamento e a grande área de superfície corporal em contato com a água adicionalmente contribuem para o aumento da resistência ao deslocamento

(SKINNER, THOMSON, 1985; BECKER, 2009). A viscosidade, a área de superfície corporal e a velocidade de movimento em conjunto podem proporcionar uma sobrecarga que pode resultar em melhora da funcionalidade (BENTO *et al.*, *in press*).

O peso corporal a ser sustentado é aliviado pela ação da força de empuxo o que permite movimentos com maior amplitude articular e pode ser um estímulo para o equilíbrio dinâmico (SKINNER, THOMSON, 1985; BECKER, 2009; DEVEREUX *et al.*, 2005).

Além disso, a característica dos exercícios realizados nos programas de hidroginástica tem similaridades com as atividades cotidianas, demandam além de força e potência a coordenação de diferentes grupos musculares, desta forma as adaptações obtidas com o treinamento são específicas e mais facilmente transferidas para as tarefas funcionais (BARRY; CARSON, 2004; HAZELL; KENNO; JAKOBI, 2007).

Alves *et al.* (2004) submeteram um grupo de idosas a doze semanas de treinamento em hidroginástica (2 vezes por semana) e avaliaram o efeito deste na funcionalidade. Para tanto utilizaram a bateria de testes de Rikly e Jones (1999a) e verificaram melhora na força de membros inferiores e superiores, flexibilidade, equilíbrio e agilidade, além do melhor desempenho na aptidão aeróbia.

De forma similar Tsourlou *et al.* (2006) avaliaram o efeito de vinte e quatro semanas de hidroginástica em idosos na flexibilidade, na força, na potência de membros inferiores, no equilíbrio e agilidade. Houve melhora no desempenho em todos os testes analisados.

Katsura *et al.* (2010) compararam o efeito de um programa de hidroginástica com e sem o uso de equipamentos resistivos na força e na funcionalidade. Houve melhora na força independentemente do uso do equipamento resistivo. Além disso, os grupos reduziram o tempo no teste *timed up-and-go*. O grupo que usou equipamento para aumentar a resistência aumentou a velocidade no teste de caminhada máxima de 5 metros.

Poucos estudos foram realizados com o objetivo de verificar o efeito do treinamento de hidroginástica na marcha de idosos. É conhecido apenas um estudo que realizou avaliação cinemática da marcha com uso de imagem (ALEXANDER; BUTCHER, MACDONALD, 2001). Naquele estudo, foi avaliado um conjunto de

variáveis cinemáticas após um período de treinamento de hidroginástica em idosos com diagnóstico de artrite. O treinamento consistiu de exercícios de caminhada, flexibilidade e resistência muscular, realizados duas vezes por semana durante doze semanas. As variáveis lineares e temporais analisadas foram a velocidade, a duração do ciclo da marcha, a frequência do passo e da passada, o comprimento do passo, duração das fases de apoio e balanço e a elevação do pé durante a fase de balanço. A única alteração após o treinamento foi o aumento do comprimento do passo. Além disso, os participantes não apresentaram incremento da força muscular.

Considerando a escassez de estudos sobre o tema e as diferentes abordagens metodológicas, os efeitos de um programa de hidroginástica no desempenho da marcha não estão totalmente esclarecidos. Desta forma, é importante verificar os possíveis efeitos de um programa de hidroginástica composto por exercícios aeróbios que enfatizam deslocamentos variados associados ao treinamento para membros inferiores realizados em alta velocidade no desempenho da marcha.

3 COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA E FORÇA NA FUNÇÃO MUSCULAR DE IDOSAS

3.1 INTRODUÇÃO

A partir da quinta década de vida ocorre uma série de alterações neuromusculares que afetam a função muscular a qual se acentua após os sessenta anos (NARICI *et al.*, 2003). Estudos transversais (LEXELL; TAYLOR, 1991) e longitudinais (FRONTERA, 2000) têm demonstrado uma expressiva redução do tecido muscular com a idade devido à diminuição no número de fibras musculares e redução do tamanho destas fibras (atrofia), especialmente das fibras musculares de contração rápida (Tipo II). Além das modificações morfológicas, as alterações neurais como o aumento da co-ativação da musculatura antagonista, redução no recrutamento e no sincronismo de ativação das UM contribuem para a diminuição da força relacionada ao envelhecimento (NARICI; MAGANARIS, 2006; CLARK; MANINI, 2010).

Este conjunto de alterações que envolvem o sistema nervoso e o sistema muscular foi denominado dinapenia (CLARK; MANINI, 2010) e resulta em diminuição da força muscular (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009), da potência muscular (CANDOW; CHILLIBECK, 2005), da capacidade do músculo de resistir à fadiga (PETRELLA, *et al.*, 2005) e pode ter impacto na funcionalidade e independência do idoso (CLARK; MANINI, 2010).

Vários estudos demonstraram que o treinamento resistido (exercícios em máquinas ou pesos livres) tem efeitos positivos sobre a dinapenia em idosos. A melhora da força muscular tem sido observada em programas de treinamento com exercícios resistidos realizados em alta intensidade (FRONTERA, MEREDITH e O'REILLY, 1988; PERSCH *et al.*, 2009) e em moderada intensidade (KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005). Adicionalmente, o treinamento resistido pode proporcionar aumento sobre a taxa de desenvolvimento de torque (TDT) (SUETTA *et al.*, 2004), embora não haja consenso na literatura (HAKKINEN, *et al.*, 1998).

Embora o treinamento resistido tenha efeitos positivos na função muscular e apresente uma boa aderência entre a população idosa (CYARTO, BROWN, MARSHALL, 2006) é importante investigar protocolos alternativos de treinamento

para aqueles que não se identifiquem com o treinamento de força ou que apresentem contraindicações para esta forma de exercício. Programas de exercícios como o Tai Chi (WOLFSON *et al.*, 1996; LI *et al.*, 2005), a dança (HAUER *et al.*, 2001; SOFIANIDIS *et al.*, 2009) e exercícios aquáticos (DEVEREUX *et al.*, 2005; TSOURLOU *et al.*, 2006) têm sido propostos para esta população.

As atividades aquáticas são frequentemente indicadas como uma forma eficaz de exercício para populações em condições especiais de saúde devido às propriedades da água. A flutuação proporcionada pelo empuxo causa alívio do peso corporal e por consequência diminui o impacto articular. A viscosidade da água causa aumento da força de arrasto e consequentemente impõe maior resistência ao movimento, estímulo para o treinamento da força muscular (WILDER; BRENAM, 1993; QUIN; SEDORY; FISCHER, 1994; GRENN; CABLE; ELMS, 1990).

Alguns estudos conduzidos no meio aquático com mulheres jovens mostraram aumento da força isotônica (PETRIC; GEORGE, 2001) isométrica e isocinética (PÖYHÖNEN *et al.*, 2002). Estudos realizados com idosos apresentam resultados conflitantes. Por exemplo, enquanto Taunton *et al.* (1996), não observaram melhora da força muscular, Tsourlou *et al.* (2006), verificaram aumento do torque dos flexores e extensores do joelho após vinte e quatro semanas de um programa de hidroginástica em que foram empregados equipamentos específicos para aumento da resistência no meio líquido.

Na água, a resistência ao movimento aumenta proporcionalmente com a área do corpo projetada (SKINNER, THOMPSON, 1985; BECKER, 2000), que pode ser incrementada com o uso de equipamentos resistivos e com o aumento da velocidade de execução do movimento (SKINNER; THOMPSON, 1985; BECKER, 2000; PÖYHÖNEN *et al.*, 2002). Desta forma, a combinação destas duas estratégias (aumento da resistência e da velocidade) pode oferecer importante sobrecarga para reduzir a dinapenia em idosos. Além disso, os exercícios executados em alta velocidade podem representar um estímulo para o aumento da taxa de desenvolvimento de força.

Não são conhecidos estudos que tenham investigado mudanças na taxa de desenvolvimento de força decorrentes de atividades aquáticas realizadas em alta velocidade.

3.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular de idosos e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força tradicional que é usualmente recomendado para idosos.

3.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo deste estudo os seguintes objetivos específicos foram determinados.

- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a força dinâmica (1RM) de idosos e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento resistido de força muscular.
- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre o pico de torque em contração isométrica voluntária máxima balística (CIVMB) e a taxa de desenvolvimento de torque isométrico (TDT) de idosos e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento resistido de força muscular.

3.2.2 Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas:

H₁ – Haverá melhora da força dinâmica (1RM) de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de hidroginástica

H₂ – Haverá melhora da força dinâmica (1RM) de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de força.

H₃ – Não haverá diferença na resposta da força dinâmica (1RM) de membros inferiores entre os dois tipos de treinamento.

H₄ - Haverá melhora do pico de torque em CIVMB de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₅ - Haverá melhora do pico de torque em CIVMB de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de força.

H₆ – Não haverá diferença na resposta do pico de torque em CIVMB de membros inferiores entre os dois tipos de treinamento.

H₇ – Haverá melhora da taxa de desenvolvimento de força de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₈ – Não haverá melhora da taxa de desenvolvimento de força de membros inferiores como resultado do programa de treinamento de força.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Procedimentos

As participantes foram recrutadas na comunidade mediante divulgação do projeto nos meios de comunicação, os interessados participaram de uma reunião na qual foram informados sobre os objetivos do estudo e 87 sujeitos demonstraram interesse em participar. Para participar do estudo, os interessados deveriam atender os seguintes critérios de inclusão: ter idade mínima de 60 anos, não necessitar de dispositivos de auxílio para a realização das atividades da vida diária, não apresentar histórico recente de fraturas, cirurgias articulares ou qualquer outro tipo de problema clínico que contraindicasse a realização de exercício físico. Além disso, os sujeitos não poderiam estar participando de nenhum programa de exercícios estruturado nos seis meses que antecederam o estudo. Dentre os interessados quatro foram excluídos na avaliação clínica por apresentarem contra indicações para

a prática de atividade física, oito por estarem participando de outra atividade física regular e nove desistiram após alocação em um dos grupos antes do início dos testes, iniciaram o estudo 67 voluntárias (FIGURA 3.1). Todas as informações sobre os procedimentos e objetivos do estudo foram apresentadas aos voluntários e aqueles que optaram por participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 1), que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná (CEP/SD 0835.0.000.091-10) (ANEXO 1). Após este procedimento os voluntários realizaram um exame clínico pré-participação (APÊNDICE 2) e responderam ao Questionário Internacional de Atividade Física versão 8, forma longa, semana usual adaptado para idosos (BENEDETTI; ZARPELLON; BARROS, 2004) (ANEXO 2). Os participantes foram classificados de acordo com o nível de atividade física e distribuídos de forma balanceada e aleatória nos seguintes grupos: Hidroginástica (GHG), grupo de treinamento de força (GTF) ou no grupo controle (GC). Ao final do estudo os voluntários do GC puderam escolher uma das modalidades de exercícios e participar pelo mesmo período de treinamento.

Para determinar os efeitos do programa de doze semanas de hidroginástica e do treinamento de força sobre a função muscular, os grupos participaram de sessões idênticas de testes. Nas sessões de teste, a força dinâmica (1RM), a força isométrica (CVIMB) e a taxa de desenvolvimento de força dos membros inferiores foram analisadas. Os participantes compareceram quatro vezes ao laboratório de biomecânica do Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e realizaram duas sessões de familiarização e duas sessões de avaliação da contração isométrica voluntária máxima. Para avaliar a força dinâmica (teste de 1RM) os sujeitos compareceram quatro vezes a academia de musculação do Centro de Desportos e Educação Física (CED/UFPR) e realizaram duas sessões de familiarização e duas de avaliação da força dinâmica. A primeira sessão de testes foi realizada três semanas antes do início do programa de treinamento (pré-teste) e ao final das doze semanas de exercícios (pós-teste). Foi respeitado um intervalo de 48 horas entre as sessões de avaliação. Os testes foram aplicados por uma mesma equipe de avaliadores previamente treinados e com experiência nos protocolos utilizados.

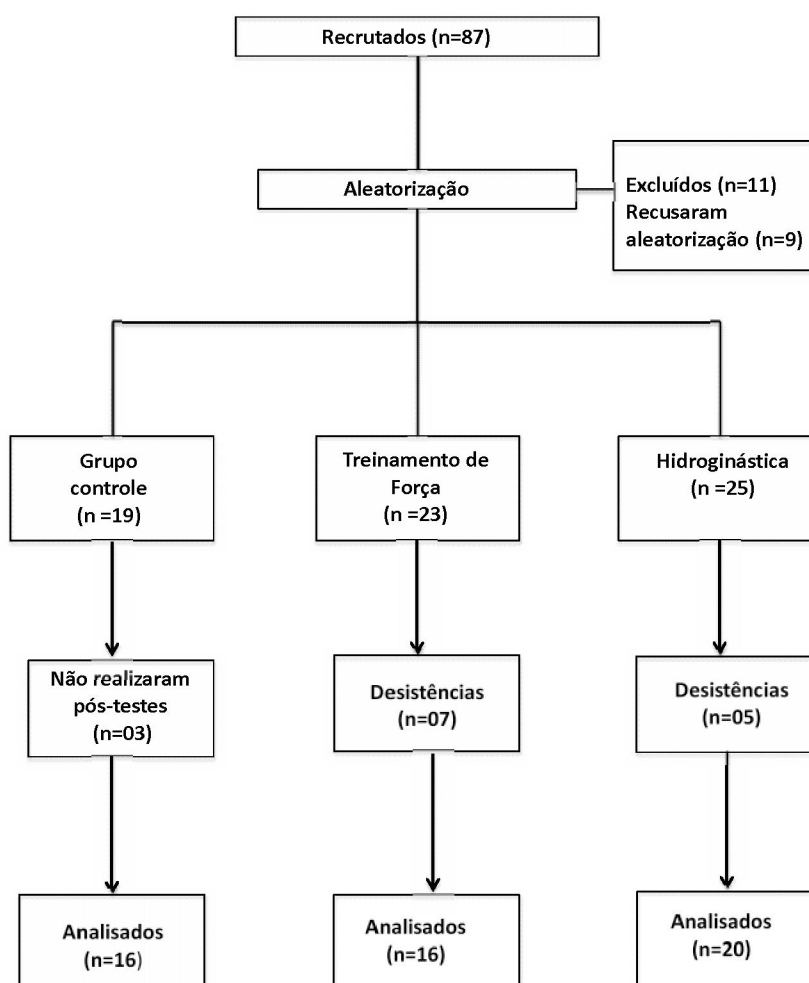


FIGURA 3.1 - SELEÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS E CONTROLE, ACOMPANHAMENTO E COMPOSIÇÃO FINAL DOS GRUPOS ANALISADOS.

3.3.2 Avaliação do pico e da taxa de desenvolvimento de torque em CVIMB.

A CVIMB foi mensurada por intermédio de uma célula de carga (Kratos, modelo IK-1C, Brasil), com capacidade de 500 KgF e resolução de 0.1 kg. Um

conjunto de cabos de fixação, uma placa conversora A/D (*National Instruments, modelo NI USB 6218*) foram conectados a um computador. Os dados de força foram coletados com uma frequência de aquisição de 1000 Hz com o uso do software *LabVIEW Signal Express 3.0*. Para a avaliação do torque, foi analisado o pico de torque obtido em uma contração isométrica voluntária máxima balística (CIVMB). A distância perpendicular entre a célula de carga e o centro articular foi determinada e calculado o torque N.m ($F \times d$) para os músculos flexores e extensores do quadril, joelho e tornozelo. Foi analisada também a taxa de desenvolvimento de torque (TDT), pela inclinação da relação do desenvolvimento de torque em função do tempo (N.m/s) foram considerados para análise 80% dos valores da reta, com descarte dos 10% iniciais e finais dos dados (PERSCH *et al.*, 2009; BENTO *et al.*, 2010).

Os participantes realizaram os testes de força sobre uma maca, posicionados em decúbito dorsal durante a extensão e flexão de quadril, flexão dorsal do tornozelo e flexão plantar do tornozelo. Para a realização da flexão e extensão do joelho os avaliados foram posicionados em decúbito ventral. Em todas as posições testadas os participantes foram posicionados de forma a manter um ângulo de 90° entre o segmento corporal e o cabo de força da célula de carga. Cintos com velcro foram utilizados em torno da cintura e ou da coxa para dar maior estabilidade aos sujeitos e evitar movimentos acessórios que pudessem interferir na realização dos testes. Adicionalmente, dois avaliadores auxiliaram durante a realização dos testes para manter os cabos tensionados e igualmente estabilizar a avaliada. Uma representação esquemática dos procedimentos do teste é apresentada na figura 3.2.

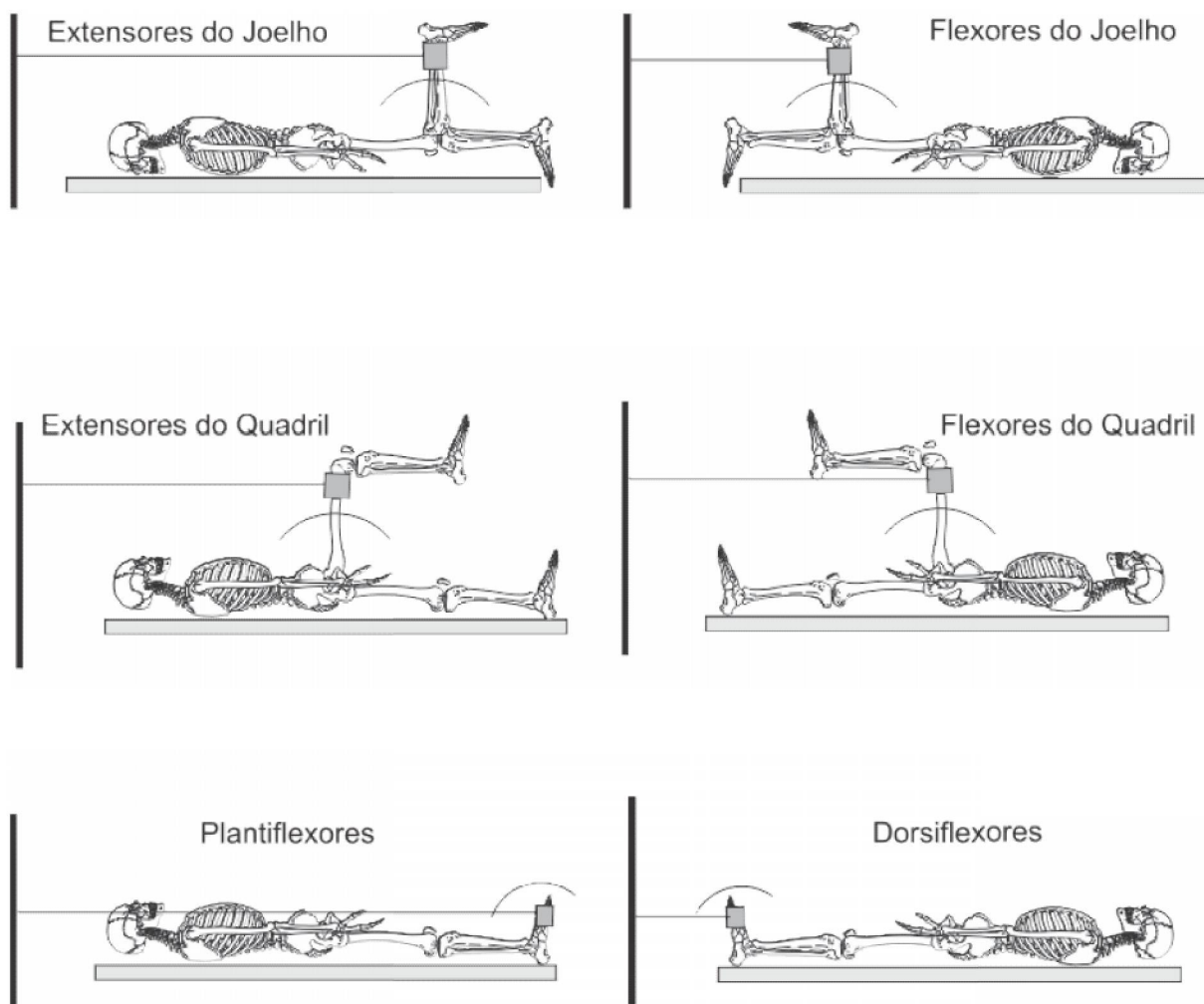


FIGURA 3.2. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA POSIÇÃO DA CÉLULA DE CARGA E DOS SUJEITOS DURANTE A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA (ADAPTADO DE BENTO ET AL., 2010).

Os sujeitos foram orientados a executar uma contração isométrica máxima o mais forte e mais rápido possível e manter esta contração por um período de aproximadamente 3 segundos e relaxar a musculatura logo em seguida. Foram realizadas no mínimo 2 e no máximo 5 repetições em cada posição, com 1 minuto de intervalo entre elas, e foi utilizado o maior valor encontrado entre os testes, considerando uma variação máxima entre as medidas de 10%, as análises quantitativas (torque e TDT) foram realizadas em programa específico, escrito em ambiente de programação *MatLab 7.0 (MathWorks, Inc.)*. Uma análise qualitativa da curva força-tempo foi realizada imediatamente após cada teste para evitar movimentos indesejados (ex. contramovimento). As tentativas em que tais

movimentos indesejados foram identificados foram repetidas com o mesmo intervalo de repouso entre tentativas.

Foram realizadas duas sessões para familiarização com os procedimentos e instrumentos de avaliação. A coleta de dados ocorreu também em duas sessões, três exercícios (testes) foram realizados em cada uma delas e a ordem dos exercícios foi distribuída de forma aleatória. Os sujeitos receberam *feedback* visual da realização do teste por meio de um monitor posicionado ao lado da maca que indicava em gráfico o comportamento da curva força x tempo (pico máximo, manutenção e relaxamento) (FIGURA 3.3).

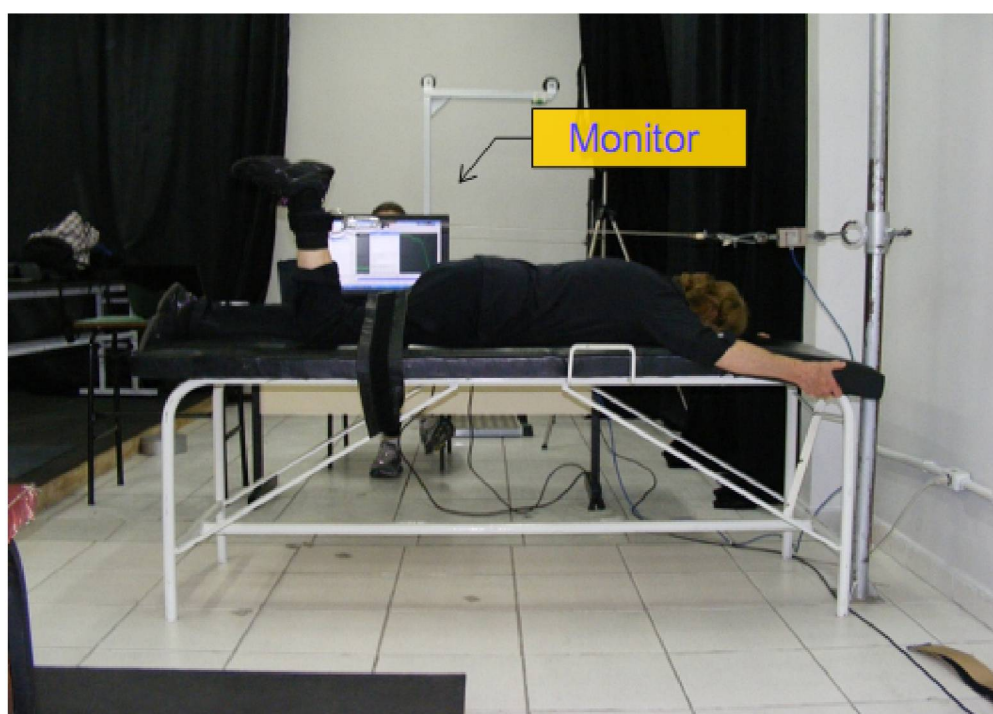


FIGURA 3.3 – DISPOSIÇÃO DO ESPAÇO PARA AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA E POSICIONAMENTO DO MONITOR PARA VERIFICAÇÃO DA EXECUÇÃO DO TESTE.

3.3.3 Avaliação da força dinâmica máxima (1RM)

A força dinâmica máxima foi avaliada pelo teste de uma repetição máxima (1RM) que consiste na maior quantidade de peso que pode ser movida em uma única repetição, respeitando a amplitude total do movimento (NIEWIADOMSKI *et al.*,

2008). Os testes foram realizados no aparelho *leg press* horizontal, na cadeira flexora e extensora (Nakagym- São Paulo - Brasil). A escolha dos exercícios se deve a importância dos grupos musculares avaliados para a realização de atividades da vida diária como subir, descer escadas e sentar e levantar de uma cadeira (HORTOBÁGYI *et al.*, 2003). Foram realizadas duas sessões de familiarização com os procedimentos do teste, que iniciaram com um período de 5 a 10 minutos de aquecimento geral na bicicleta estacionária. Na primeira sessão os participantes realizaram 2 séries de 10 repetições com carga leve com o objetivo de aprender o movimento, oportunidade em que as regulagens dos aparelhos foram determinadas e anotadas para utilização durante os períodos de testes (inicial e final).

No aparelho *leg press*, os sujeitos foram posicionados de maneira a formar um ângulo de 90° entre o tronco e a coxa com as costas e cabeça totalmente apoiadas. Na cadeira extensora, os sujeitos permaneceram sentados, costas totalmente apoiada no encosto da cadeira e joelhos em um ângulo de aproximadamente 90°. Na cadeira flexora, os sujeitos permaneceram sentados, costas totalmente apoiadas no encosto da cadeira e na posição inicial as pernas estavam completamente estendidas e apoiadas no aparelho. Nos exercícios de flexão e extensão de joelhos foram utilizados cintos com velcro para dar melhor estabilidade dos sujeitos durante os testes e evitar movimentos acessórios.

Na segunda sessão de familiarização, os participantes realizaram uma série de 8 repetições com carga leve e em seguida foi estipulada uma carga que os sujeitos pudessem realizar 3 a 5 repetições. Este valor foi utilizado para prever a carga máxima utilizando fatores de correção propostos por Lombardi (1989) e foi utilizada como referência para a carga inicial a ser testada.

No terceiro e quarto dias, foram realizados os testes propriamente ditos, após período de aquecimento, os sujeitos realizaram uma série de 8 repetições com 50% da carga de 1-RM predita, seguida de mais uma série de 3 repetições a 70% de 1-RM (BROWN; WEIR, 2001). Após o aquecimento, foram realizadas até 5 tentativas para encontrar a carga correspondente a 1RM, ou seja, aquela em que foi possível ao sujeito realizar apenas uma repetição. A ordem de realização dos testes foi aleatória de maneira que em uma das sessões fosse realizado o teste no *leg press* e

na outra sessão os testes na cadeira flexora e extensora. Foi respeitado intervalo de 48 horas entre cada sessão de testes, 2 minutos de intervalo entre cada repetição (tentativa) e no mínimo 5 minutos de intervalo na transição entre os aparelhos.

3.3.4 Programa de treinamento

Os dois programas de treinamento foram realizados no Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Paraná (CED / UFPR). Todas as sessões de exercícios foram ministradas e acompanhadas por profissionais qualificados de Educação Física, auxiliados por acadêmicos do curso de graduação. Os exercícios no meio líquido (hidroginástica) foram realizados em uma piscina de 25 metros com profundidade de 1,35 metros em um espaço delimitado de (25m x 6m) com a temperatura da água controlada entre 28,5° e 29,5° C. O programa de exercícios resistidos foi realizado na academia de musculação que contém várias estações de exercícios para os principais grupos musculares. Os programas tiveram duração de 12 semanas, as atividades foram realizadas 3 vezes por semana com duração de 60 minutos por sessão.

Na hidroginástica a intensidade foi de 40 a 60 % da frequência cardíaca de reserva (FCR) com um índice de percepção de esforço entre 12-16 na escala de Borg (6-20) (ANEXO 3), de acordo com as recomendações do American College of Sports Medicine (ACSM, 2009). A composição do programa de exercícios está apresentada no Quadro 3.1. As aulas foram compostas por 10 minutos de aquecimento com exercícios básicos de hidroginástica seguida de 20 minutos de exercícios de coordenação, deslocamentos variados e transferências de apoio no sentido anteroposterior e médio lateral (equilíbrio dinâmico). Após este período foram realizados 20 minutos de exercícios específicos de resistência de força para os membros inferiores com uso de equipamento resistivo executados com velocidade (FIGURA 3.4). Os exercícios selecionados foram de adução, abdução, flexão e extensão do quadril, de flexão e extensão de joelhos e tornozelos realizados com apoio na borda da piscina e ou em suspensão. As aulas finalizavam com 10 minutos de exercícios de alongamento e relaxamento muscular.

QUADRO 3.1 – PROGRAMA DE EXERCÍCIOS AQUÁTICOS

Semanas	Treinamento geral	Treinamento específico
1 – 4	Exercícios de familiarização com o meio; exercícios básicos de hidroginástica; coordenação básica;	3x 40 segundos exercícios de membros inferiores com velocidade de execução moderada (sem materiais);
5 – 8	Exercícios de média complexidade (coordenação de movimentos simultâneos e alternados de membros superiores e inferiores)	3x 40 segundos exercícios de membros inferiores com velocidade de execução moderada para forte (com <i>aquafin</i>)
9 – 12	Exercícios de alta complexidade (executados nas posições neutra, ancorada e em suspensão)	3x 40 segundos exercícios de membros inferiores com máxima velocidade de execução (com <i>aquafin</i>)



FIGURA 3.4 AQUAFIN: EQUIPAMENTO DE MATERIAL RÍGIDO (PLÁSTICO) FIXADO À EXTREMIDADE INFERIOR DA PERNA POR MEIO DE VELCROS, UTILIZADO PARA AUMENTAR A RESISTÊNCIA AO MOVIMENTO NA ÁGUA DURANTE OS EXERCÍCIOS LOCALIZADOS E DESLOCAMENTOS.

O treinamento resistido foi composto por exercícios específicos para o desenvolvimento de força dos flexores e extensores dos tornozelos, joelhos e quadril, exercícios para glúteos, adutores e abdutores de quadril e de exercícios complementares para o tronco e membros superiores (APÊNDICE 3). Foram realizadas de 2 a 3 séries de exercícios com 2 minutos de intervalo a uma intensidade correspondente entre 8 e 12 repetições máximas (RM) de acordo com as recomendações do ACSM (2009) detalhes sobre o programa estão descritos no quadro 3.2. A sessão de exercícios foi composta por 10 minutos de aquecimento articular geral e ou aeróbio seguido de 40 minutos de exercícios específicos para membros inferiores e exercícios complementares (1 a 2 séries de 15 repetições, 12 a 15 RM e pausa de 1 minuto). Ao final de sessão foram realizados 10 minutos de exercícios de alongamento e relaxamento.

QUADRO 3.2 – PROGRAMA DE EXERCÍCIOS RESISTIDOS

Semanas	Exercícios	Série – repetições – pausa
1-4	Adaptação aos equipamentos. 10 exercícios, membros inferiores (6) e complementares (4).	2 x 8-12 RM; I: 2 min
5-8	Incremento da carga. 10 exercícios, membros inferiores (6) e complementares (4).	2 a 3 x 8 RM; I: 2 min
9-12	Incremento da carga. 10 exercícios, membros inferiores (6) e complementares (4).	3 x 8 RM I: 2 min

3.3.5 Tratamento estatístico

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para confirmar a normalidade dos dados. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados (transformação logarítmica) e novamente testados. Depois de confirmada a distribuição normal, um número de análises de variância (ANOVA two-way) foi aplicado para testar as diferenças entre os grupos experimentais e o grupo controle e a evolução dos parâmetros ao longo das medidas (PRE e PÓS). Uma análise de variância com um fator (ANOVA *one-way*) foi utilizada para comparar os grupos em relação aos dados iniciais (pré-treinamento), havendo diferenças então uma análise de covariância foi utilizada (ANCOVA) utilizando os dados iniciais como covariadas para comparar os valores pós-teste desconsiderando as diferenças iniciais. Quando diferenças foram encontradas o teste de Tukey foi aplicado para determinar onde estas ocorreram. Os testes estatísticos tiveram nível de significância de $p < 0.05$ e foram aplicados através do software Statística versão 7.0 (StatSoft, USA).

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Características iniciais dos participantes

A idade, estatura e massa corporal foram semelhantes entre os grupos ($p>0,05$) e encontram-se na Tabela 3.1. Os participantes do GHG apresentaram uma taxa de adesão de 94,0% enquanto que no GTF a adesão de foi de 84,5%. A classificação do nível de atividade física inicial apresentou a seguinte distribuição: Muito ativas (56%); Ativas (21,8%); Insuficientemente ativas (15,6%); Sedentárias (6,2%).

TABELA 3.1 – CARACTERÍSTICAS MÉDIAS (\pm DESVIO PADRÃO) INICIAIS DOS PARTICIPANTES DOS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), GRUPO DE TREINAMENTO DE FORÇA (GTF) E DO GRUPO CONTROLE (GC).

Grupo	Participantes (n)	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (cm)
GHG	20	65,5	74,5	157,0
		$\pm 3,9$	$\pm 16,2$	$\pm 6,6$
GTF	16	67,3	73,2	158,3
		$\pm 6,3$	$\pm 11,6$	$\pm 5,0$
GC	16	66,2	73,1	153,3
		$\pm 5,2$	$\pm 12,7$	$\pm 5,1$

3.4.2 Força dinâmica de membros inferiores

Os resultados do teste de uma repetição máxima nos exercícios de extensão e flexão de joelhos e no *leg press* antes do programa de exercícios foram similares entre os grupos ($p>0,05$). Na figura 3.5A estão apresentados os valores do teste de 1RM (pré-pós) dos grupos GHG, GTF e GC para os extensores do joelho. Aumentos entre o pré e o pós-teste foram observados e representam uma variação de 11,6% no GHG e 35,6% no GTF ($p<0,0001$). Os resultados do pós-teste, não foram suficientes para diferenciar os grupos experimentais do GC ($p>0,05$). Os grupos GHG e GTF apresentaram resultados similares após o treinamento ($p>0,05$).

Para a flexão de joelhos, o aumento observado foi de 13,2% no GHG e 21,2% no GTF (Figura 3.5B) ($p<0,0001$). No entanto, os resultados dos grupos

experimentais não diferiram entre si ($p=0,99$) e não foram suficientes para diferenciá-los do GC (GHG $p=0,87$; GTF $p=0,64$).

Aumentos na força foram observados no *leg press* após o período de intervenção no GHG e GTF (Figura 3.5C), os quais apresentaram uma variação de 16,9% e 27,4%, respectivamente ($p<0,0001$). Não foram encontradas diferenças entre os grupos experimentais ($p=0,98$). Além disso, os resultados encontrados no pós-testes, não foram suficientes para diferenciar o GHG ($p=0,93$) e o GTF ($p=0,63$) do GC.

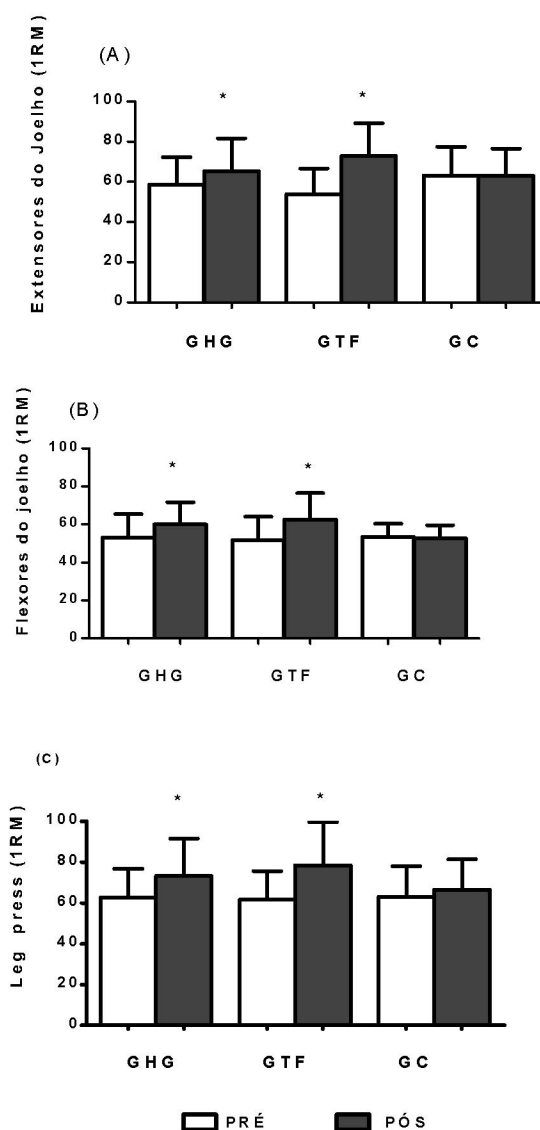


FIGURA 3.5 – FORÇA DINÂMICA (1-RM) NAS CADEIRAS EXTENSORA (A), FLEXORA DO JOELHO (B) E NO EXERCÍCIO *LEG PRESS* (C) PARA OS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC) PRÉ E PÓS-TREINO. *DIFERENÇAS ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE ($P<0,0001$). NÃO FORAM ENCONTRADAS DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ-TESTE ($P>0,05$).

3.4.3 Contração voluntária máxima isométrica balística (CVMIB) de membros inferiores

Os grupos (GHG, GTF e GC) não apresentaram diferenças no torque máximo para extensão e flexão nas articulações do quadril, joelho e tornozelo antes do início do período de treinamento ($p > 0,05$). Os resultados dos testes de torque máximo para a articulação do quadril estão apresentados na Figura 3.6A. O torque máximo dos extensores do quadril aumentou no GHG (42%) após o período de treinamento ($p < 0,001$) e foi maior do que o pós- teste do GC ($p < 0,001$). O GTF apresentou uma variação no torque máximo de 18% após o período de treinamento, não significativa ($p = 0,18$). O torque máximo dos flexores do quadril variou em 16% para o GHG após o treinamento ($p = 0,07$), e em 15% após o treinamento no GTF ($p = 0,18$).

Os resultados dos testes de torque máximo para a articulação do joelho encontram-se na Figura 3.6B. A variação no torque máximo dos extensores do joelho após o treinamento foi de 12% para ambos os grupos (GHG $p = 0,22$; GTF $p = 0,19$). Os flexores do joelho apresentaram variações de 17% para o GHG após o treinamento ($p = 0,17$), enquanto que no GTF, aumentou 26% ($p = 0,02$).

Os resultados do torque máximo em torno da articulação do tornozelo (plantiflexão e dorsiflexão) estão apresentados na figura 3.6C. Os valores do torque máximo para os plantiflexores no GHG aumentaram 50% após o período de intervenção ($p < 0,001$) e foram maiores do que os ganhos encontrados no GC após o treinamento ($p = 0,005$). O GTF apresentou variação de 13% após o treinamento ($p = 0,81$). O torque máximo dos dorsiflexores variou em 21% no GHG ($p = 0,06$) e 27% no GTF ($p = 0,07$).

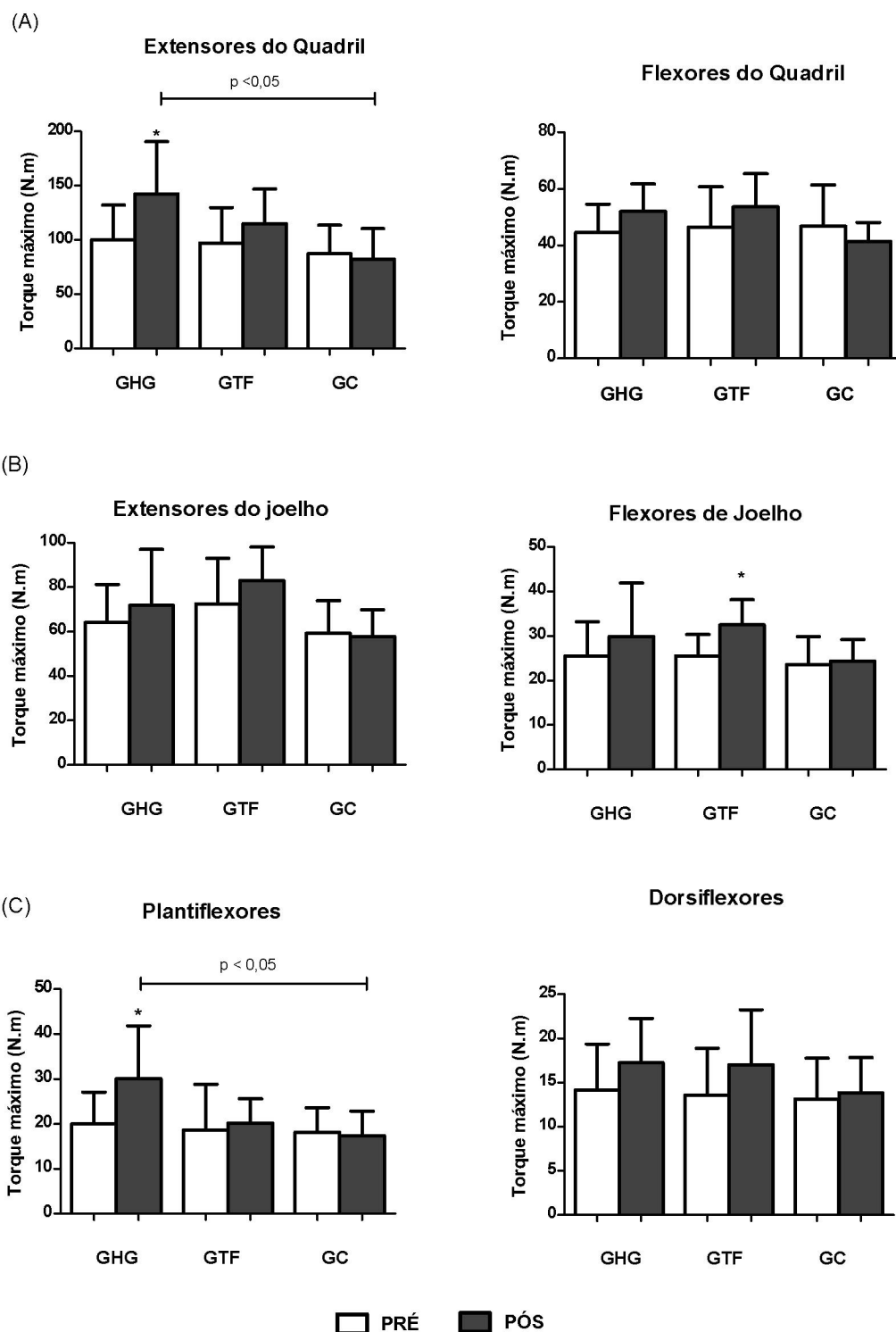


FIGURA 3.6 – TORQUE MÁXIMO EM TORNO DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL (A) DO JOELHO (B) E DO TORNOZELO (C) (EXTENSORES LADO ESQUERDO E FLEXORES LADO DIREITO) PARA OS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC) PRÉ- E PÓS- TREINO. *DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS ENTRE O PRÉ E O PÓS-TESTE ($P < 0,0001$). NÃO FORAM ENCONTRADAS DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ-TESTE ($P > 0,05$).

3.4.4 Taxa de desenvolvimento de torque

Os valores iniciais da TDT (pré-testes) para extensão e flexão nas articulações do quadril, joelho e tornozelo foram similares entre os grupos ($p>0,05$). Os resultados da TDT para os extensores e flexores do quadril são apresentados na figura 3.7A. Aumentos na TDT no GHG foram encontrados para os extensores do quadril (53%) após o treinamento ($p<0,05$), no entanto, os valores não diferiram daqueles encontrados no GC ($p=0,62$). O GTF variou 17% em relação ao pré-teste ($p=0,94$). A TDT dos flexores do quadril variou 4% no GHG e 14% no GTF ($p=0,97$ e $0,56$ para os GHG e GTF, respectivamente).

Os resultados da TDT para a articulação do joelho são apresentados na figura 3.7B. Os valores da TDT relativas aos extensores do joelho não foram alteradas após o treinamento ($p=0,06$ GHG; $p=0,34$ GTF). Os GHG e GTF apresentaram variação de 13% e 27%, respectivamente. Da mesma forma, as alterações observadas na TDT dos flexores do joelho de 26% no GHG e 14% no GTF entre o pré e o pós-testes não diferiram dos valores iniciais ($p=0,96$ GHG; $p=0,54$ GTF).

Os resultados apresentados na figura 3.7C se referem à TDT em torno da articulação do tornozelo. A TDT dos músculos plantiflexores apresentaram variação de 27% no GHG e 2% no GTF, porém não diferiram em relação aos dados iniciais ($p=0,28$ e $0,91$, respectivamente). A TDT nos dorsiflexores variou 30% e 13% no GHG e GTF, respectivamente, porém diferiram ($p=0,26$ GHG; $p=0,91$ GTF).

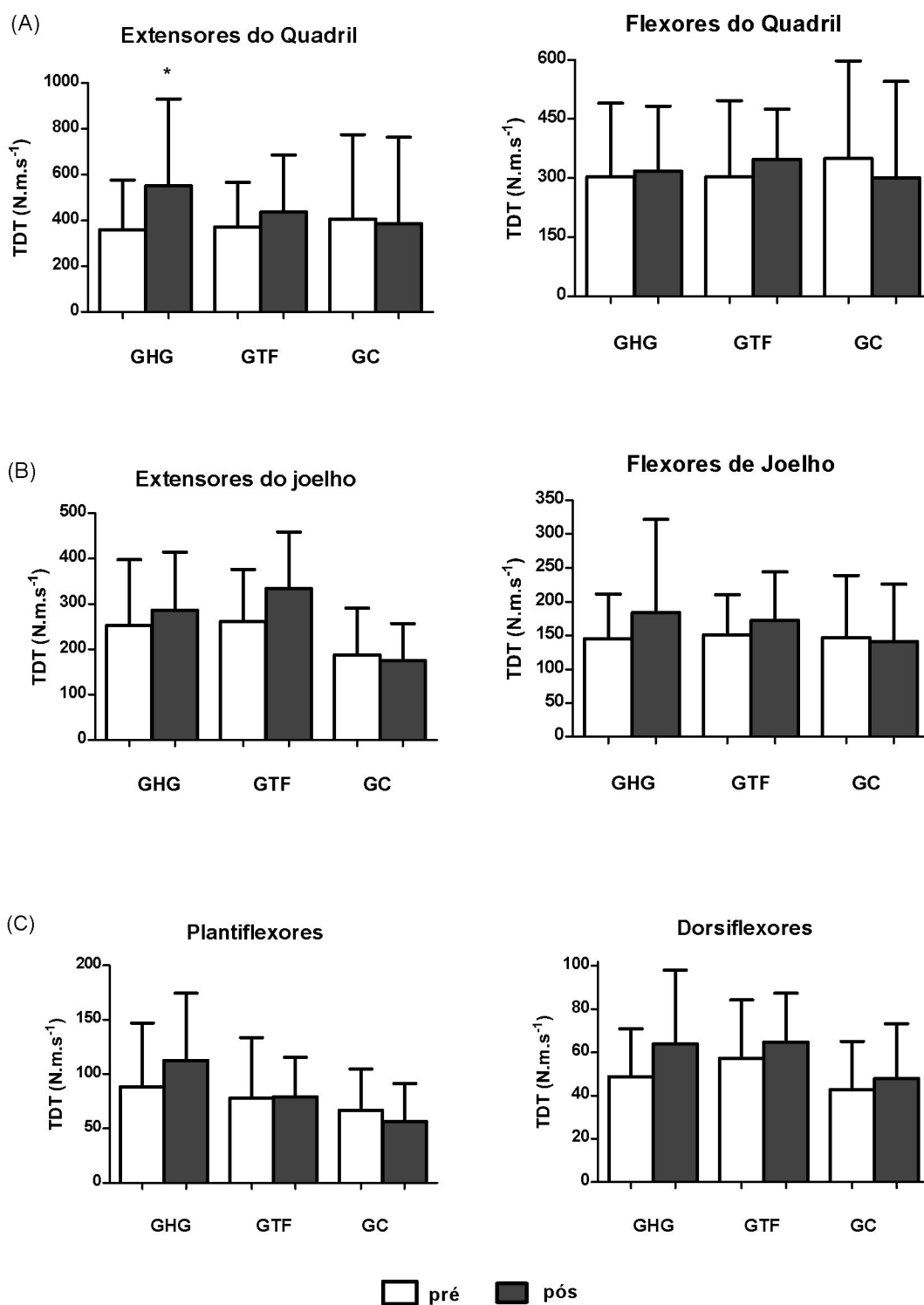


FIGURA 3.7 – TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE TORQUE EM TORNO DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL (A) DO JOELHO (B) E DO TORNOZELO (C) (EXTENSORES LADO ESQUERDO E FLEXORES LADO DIREITO) PARA OS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC) PRÉ E PÓS-TREINO. *DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS ENTRE O PRÉ E O PÓS-TESTE ($P < 0,0001$). NÃO FORAM ENCONTRADAS DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ-TESTE ($P > 0,05$).

3.5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo determinar os efeitos de um programa de hidroginástica na função muscular de idosos e compará-los aos efeitos obtidos com o treinamento resistido para o desenvolvimento de força. O principal achado indica que a força muscular dinâmica (1-RM) em resposta ao programa de hidroginástica apresentou incrementos similares àqueles derivados do treinamento de força. A capacidade de produzir torque isométrico máximo aumentou ao redor das articulações do quadril e tornozelo no GHG e ao redor da articulação do joelho no GTF. A TDT apresentou aumento apenas no GHG na articulação do quadril.

3.5.1 Força dinâmica (teste de 1 RM)

A comparação dos resultados da força dinâmica apresentados pelo grupo que praticou hidroginástica com a literatura deve ser realizada com cautela. Inicialmente, existem poucos trabalhos com objetivos semelhantes ao presente estudo o que limita comparações. Em adição, diferenças na composição dos programas de treinamento, na população estudada assim como na forma de avaliação da força muscular podem influenciar os resultados e dificultam comparações.

O único estudo encontrado que teve como objetivo comparar os efeitos de um programa realizado na água com outro realizado fora da água em mulheres idosas foi conduzido por Tauton *et al.* (2006). Os programas de exercícios foram realizados por 12 semanas, 3 sessões por semana por 45 minutos e foram avaliadas a aptidão aeróbia, a flexibilidade e a força. Não foram encontrados aumentos da força muscular em nenhum dos programas de treinamento, porém os testes de força aplicados (preensão manual) e os grupos musculares são bastante distintos em relação aos grupos musculares exercitados. Não são conhecidos estudos que tenham avaliado e comparado os efeitos do treinamento realizado dentro e fora da água na força de membros inferiores em idosos.

Outros estudos conduzidos no meio aquático observaram incrementos da força, porém foram realizados com mulheres jovens e avaliaram a força isométrica (PHOYONEN *et al.*, 2002) ou com mulheres de meia idade e avaliaram diferentes

grupos musculares (AMBROSINI, 2010). Logo, comparações entre os resultados do presente estudo e a literatura são difíceis.

Gusi *et al.* (2006), avaliaram um grupo de mulheres de meia idade com fibromialgia, enquanto Wang *et al.* (2006), avaliaram o efeito do programa de exercício aquático em homens e mulheres com osteoartrite e constataram aumentos significativos da força muscular de membros inferiores, porém ambos relataram que os níveis iniciais de força dos participantes estava abaixo dos valores normativos para sujeitos saudáveis para mesma idade e sexo. Katsura *et al.* (2010), avaliaram um grupo de idosos, porém não avaliaram a força dinâmica. Portanto, comparações com esses estudos devem considerar que existe diferenças tanto na metodologia empregada, como nas características dos participantes.

Takeshima *et al.* (2002), realizaram estudo com idosos e avaliaram a força dinâmica pelo teste de 1RM e observaram aumento de 8% e 13% para a extensão e flexão de joelhos, respectivamente após 12 semanas de exercícios envolvendo grande parte de exercícios aeróbios como dança e caminhada e uma pequena parte de exercícios de resistência. Os resultados foram similares aos encontrados no presente estudo (11,6% e 13,2%). Porém os testes de força foram realizados em máquinas de resistência hidráulica e podem comprometer comparações diretas entre os estudos.

Tsourlou *et al.* (2006), realizaram um programa de exercícios similar ao empregado no presente estudo. Naquele estudo, os participantes realizaram 24 semanas de exercícios aquáticos que envolveram exercícios aeróbios e de força para membros inferiores combinados com exercícios executados em equipamentos resistivos para aumento da sobrecarga. A magnitude do aumento de força foi mais pronunciado do que os observados no presente estudo para os extensores do joelho (39,4% vs 11,6%) e no *leg press* (29,5% vs 16,9%). No entanto, Tsourlou *et al.* (2006) avaliaram a força dinâmica pelo teste de 3-RM e o programa de treinamento teve maior duração (24 vs 12 semanas). É necessário destacar que Tsourlou *et al.* (2006) não realizaram sessões de familiarização com os testes de força, o que pode ter causado um maior efeito de aprendizagem e amplificado os resultados. De fato, procedimentos de familiarização são indicados (BROWN; WEIR, 2001) principalmente quando os avaliados não possuem experiência prévia com exercícios

resistidos para evitar possíveis efeitos de aprendizagem e superestimar os resultados (PLOUTZ-SNYDER; GIAMS, 2001).

Nos estudos em que ocorreram aumentos de força, os possíveis mecanismos mediadores foram atribuídos às características e propriedades físicas da água. O programa de hidroginástica aplicado no presente estudo foi composto por exercícios específicos para os membros inferiores que foram realizados com aumentos progressivos da intensidade (arrasto) através do aumento da área frontal pelo uso de equipamentos resistivos e pelo aumento da velocidade de execução dos exercícios (BECKER, 2009). Como o arrasto aumenta proporcionalmente ao aumento da área frontal e com o quadrado da velocidade de movimento (SKINNER; THOMSON, 1985; BECKER, 2000; PÖYHÖNEN, SIPILÄ, KESKINEN, HAUTALA, SAVOLAINEN, MÄLKIÄ, 2002), a combinação das duas estratégias foi capaz promover sobrecarga adequada para o aumento da força dinâmica.

Resultados de estudos realizados envolvendo o treinamento de força em idosos demonstram haver uma ampla variedade de respostas. O nível de força inicial dos participantes dos programas de treinamento é um fator que deve ser considerado na comparação dos resultados entre os diferentes estudos. Participantes com baixos níveis iniciais de força tendem a apresentar uma maior resposta ao treinamento quando comparados com sujeitos de melhor condição física inicial (LEXELL, 2000; FRONTERA; MEREDITH; O'REILLY, 1988).

Frontera, Meredith e O'Reilly (1988) reportaram um aumento de 226% e 107% na força dos extensores do joelho e flexores de joelho respectivamente. Persch *et al.* (2009) reportaram aumentos de 49%, 39% e 59% para os extensores e flexores do joelho e no *leg press*, respectivamente. Tais resultados apontam para ganhos ainda maiores do que os encontrados no presente estudo. No entanto, no estudo de Persch *et al.* (2009) os valores iniciais do grupo de treinamento nos exercícios testados foram em média 30% mais baixos que o presente estudo. Suetta *et al.* (2003), avaliaram a força dos extensores do joelho e observaram um aumento de 30% sobre a força, os quais são ligeiramente mais elevados do que os encontrados no presente estudo (21%). Todavia, os sujeitos treinados por Suetta *et al.* (2003), foram analisados após um longo período de imobilização que pode ter resultado em níveis baixos de força iniciais. Kalapotharakos *et al.* (2005), verificaram aumentos de 41% e 75% no teste de 1RM para os extensores do joelho nos grupos

de treinamento de moderada e alta intensidade respectivamente. Os autores destacaram que os níveis iniciais de força dos dois grupos foram baixos e podem ter contribuído para o maior desempenho.

Os resultados apresentados em relação à força dinâmica confirmam a hipótese inicial e indicam que houve melhora da força independente do tipo de programa de treinamento. A combinação das estratégias de aumento da área corporal mediante o uso de equipamento resistivo (*aquafin*) combinado com a rápida velocidade de execução dos movimentos e deslocamentos na água proporcionou sobrecarga adequada para o incremento da força dinâmica, portanto a H_1 , H_2 e H_3 foram aceitas.

3.5.2 Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) e Taxa de Desenvolvimento de Força (TDT)

O presente estudo também visou verificar as possíveis alterações derivadas do programa de hidroginástica e compará-las ao treinamento de força no torque isométrico em torno das articulações do quadril, joelho e tornozelos. O GHG apresentou aumento no torque nos extensores do quadril de 42% ($p < 0,05$) e nos plantiflexores de 50% ($p < 0,05$). O GTF apresentou aumento do torque dos flexores do joelho de 26% ($p < 0,05$). Não houve alteração no torque máximo nas demais articulações avaliadas ($p > 0,05$). Além do aumento observado no torque máximo dos extensores de quadril no GHG ($p < 0,05$) houve aumento na taxa de desenvolvimento de torque. O torque máximo dos extensores do quadril do GTF permaneceu inalterado ($p > 0,05$).

O aumento de 42% ($p < 0,05$) encontrado nos extensores do quadril no GHG foi maior do que os 26,9% encontrados por Wang *et al.* (2006). No presente estudo o aumento do torque dos extensores do quadril pode ser explicado pela utilização de exercícios de marcha estacionária e em deslocamento, normalmente realizados com flexão do quadril e elevação dos joelhos, além dos exercícios de resistência específicos para estes grupos musculares. Durante a fase descendente, para retomar o apoio dos pés no fundo da piscina, além da resistência ao movimento oferecida pela água (arrasto), a força de flutuação (empuxo) impõe uma sobrecarga adicional ao exercício (BECKER, 2009; PHOYONEN *et al.*, 2002). No entanto, para

flexionar o quadril e elevar os joelhos durante a marcha as duas forças (arrasto e flutuação) agem em sentido contrário, quando a coxa se desloca em direção à superfície da água o arrasto oferece resistência enquanto que a flutuação auxilia o movimento (BECKER, 2009; PHOYONEN *et al.*, 2002). Neste caso, os resultados sugerem que a força de flutuação pode ter reduzido o efeito destes exercícios, o que pode explicar a ausência de alterações no torque dos flexores do quadril.

Adicionalmente, no presente estudo os sujeitos foram instruídos e encorajados a realizar os deslocamentos e movimentos na água com velocidade o que resultou no aumento da capacidade dos extensores do quadril em gerar torque rapidamente (TDT). Para vencer a resistência da água ao deslocar o corpo através da piscina, maiores torques articulares são requeridos (MIYOSHI *et al.*, 2004). Ao medir o nível de ativação muscular durante a marcha na água, Matsumoto *et al.* (2004) e Matsumoto *et al.* (2007) observaram aumentos de 150% na ativação muscular quando a caminhada era em alta velocidade, comparada à baixa velocidade, o que pode explicar os ganhos observados no presente estudo.

As alterações decorrentes do programa de hidroginástica não foram observadas no GTF. O torque máximo e a taxa de desenvolvimento de torque dos extensores e flexores do quadril não experimentaram incrementos após o período de treinamento. A comparação com outros estudos é difícil, pois os dados encontrados na literatura em relação ao treinamento de força se referem apenas ao torque ou a TDT nas articulações do joelho (FERRI *et al.*, 2003; SUETTA *et al.*, 2004; HORTOBAGYI *et al.*, 2001) e tornozelo (FERRI *et al.*, 2003).

A capacidade de produzir torque e TDT nos extensores e flexores de joelho não foi modificada após o programa de hidroginástica. O resultado do torque dos extensores do joelho de 12% foi similar ao estudo realizado por Katsura *et al.* (2010) que reportou ganhos de 12% (não significativo), enquanto que Tsourlou *et al.* (2006) e Phoyonen *et al.* (2002) reportaram ganhos de 10% e 8%, respectivamente.

Os flexores do joelho apresentaram uma variação de 17% no torque máximo do GHG, os quais foram compatíveis com os verificados por Katsura *et al.* (2010). Outros estudos que empregaram exercícios no meio líquido observaram aumentos no torque dos flexores do joelho de 13% (PHOYONEN *et al.* 2002) e 13,4% (TSOURLOU *et al.* 2006). No estudo de Phoyonen *et al.* (2002) os exercícios foram executados com o auxílio de uma cadeira flexo-extensora, enquanto os exercícios

utilizados por Tsourlou *et al.* (2006) tiveram o dobro do tempo de duração do programa (24 semanas).

Myioshi *et al.* (2005) verificaram que caminhar em alta velocidade na água não causa aumentos do torque máximo ao redor da articulação dos joelhos e concluíram que a capacidade de produzir torque tem papel na absorção das forças de impacto durante a marcha. No entanto, como estas forças são reduzidas na água, o estímulo parece ter sido insuficiente para causar aumento no torque e na taxa de desenvolvimento de torque. Adicionalmente, a área e a forma dos segmentos inferiores mais distais (pernas e pés) são menores e, possivelmente, gerem menores forças de arrasto. Portanto, a sobrecarga aplicada sobre os músculos extensores e flexores pode ter sido reduzida (BECKER, 2009; SKINNER, THOMSON, 1985), mesmo com o uso de equipamentos resistivos (KATSURA *et al.*, 2010).

O torque isométrico dos extensores de joelho após o treinamento de força permaneceu inalterado. Tais resultados conflitam com os achados de SUETTA *et al.* (2004) que observaram aumentos de 24% e Hakkinen *et al.* (2001) no qual após 21 semanas de treinamento de força progressivo (40-70% 1-RM), que reportaram aumentos de 38% na força isométrica dos extensores de joelho. No entanto, similarmente ao presente estudo, Hortobagyi *et al.* (2001), não encontraram diferenças no torque dos extensores do joelho após o treinamento tanto nos sujeitos que treinaram em baixa intensidade (40% de 1-RM) quanto nos que realizaram treinamento de alta intensidade (80% de 1-RM) apesar do aumento verificado na força dinâmica. Diferenças no programa de treinamento podem em parte explicar os resultados, a duração do treinamento proposto por Hakkinen *et al.* (2001) foi de 21 semanas e os sujeitos realizaram até 5 séries de cada exercício combinando treinamento de força e potência. É necessário destacar que no estudo de Suetta *et al.* (2004), os idosos iniciaram o treinamento após longo período de imobilização. Desta forma, os níveis iniciais de força possivelmente foram mais baixos, fato que pode ter contribuído para a obtenção de ganhos mais acentuados na capacidade de produzir torques.

Além dos aumentos observados no torque máximo, Hakkinen *et al.* (2001) verificaram aumento na TDT de 45% e 50% nos nas fases iniciais da contração muscular (100 e 200ms, respectivamente). No entanto, o programa de treinamento combinou séries de exercício com cargas de moderada intensidade (40-50%) nos

quais as ações musculares foram realizadas com velocidade e exercício com cargas elevadas (70-80%). No presente estudo, os resultados estão em concordância aqueles reportados por Hortobagyi *et al.* (2001), que também não encontraram diferenças na TDT. De acordo com Barry e Carsson *et al.* (2004), os programas de treinamento de força que objetivam aumento da TDT precisam incluir exercícios com carga moderada e precisam ser realizados com maior velocidade. No presente estudo, o treinamento de força não incluiu cargas moderadas e ações musculares rápidas, o que pode explicar a ausência de alterações na TDT. Esta afirmativa é confirmada pelo aumento do torque isométrico máximo (26%) e pela estabilidade da TDT dos flexores de joelho.

O torque máximo produzido ao redor da articulação do tornozelo não diferiu para os dorsiflexores após o treinamento em nenhum dos grupos experimentais. No entanto os resultados sugerem uma tendência de aumento do torque em ambos os grupos. O torque dos plantiflexores do GHG apresentou aumento significativo de 50%. Tais achados estão em consonância com aqueles encontrados por Katsura *et al.* (2010), que reportaram aumentos de 35% no torque máximo dos plantiflexores, enquanto que o torque dos dorsiflexores permaneceu inalterado. Esses resultados podem ser compreendidos pelo elevado número deslocamentos em diferentes sentidos e direções que impõem demandas importantes sobre os plantiflexores durante a fase de propulsão da marcha, especialmente na fase de apoio final (KERRIGAN *et al.*, 2001). MIYOSHI *et al.* (2004) verificaram que com o aumento da velocidade de deslocamento na água ocorreu um aumento da ativação do músculo gastrocnêmio medial, muito embora os autores não encontraram aumento significativo no torque gerado na articulação do tornozelo durante a plantiflexão. Adicionalmente, as "ações de chute" (frontais e laterais) ocorrem em apoio unipodal e podem ter imposto uma demanda adicional para manter a estabilidade corporal durante a realização dos exercícios em meio líquido (KATSURA *et al.*, 2010).

No GTF, não houve alterações no torque dos plantiflexores, ao contrário dos resultados observados por Ferri *et al.* (2003), que reportou aumento do torque de 12%. No presente estudo os exercícios de plantiflexão foram realizados utilizando como sobrecarga o peso corporal. Inicialmente os movimentos foram realizados com apoio duplo e posteriormente com ações unilaterais (unipodais). Parece que esta

estratégia não foi suficiente para aumentar adequadamente a sobrecarga o que pode explicar os resultados obtidos.

Houve incremento do torque nos dois grupos de treinamento, porém a resposta ao treinamento parece depender do tipo de treinamento e das ações realizadas. Na hidroginástica o empuxo e a resistência frontal, associadas às características dos exercícios impõem maior sobrecarga sobre os músculos extensores de quadril e plantiflexores respectivamente, enquanto que no grupo de treinamento de força houve aumento apenas nos flexores do joelho. As hipóteses H₄ e H₅ foram parcialmente confirmadas, enquanto a hipótese H₆ foi rejeitada, em função das diferenças entre os grupos experimentais.

A TDT dos extensores do quadril aumentou no grupo que realizou o programa de treinamento de hidroginástica, enquanto nenhuma modificação foi observada no GTF. Tais resultados indicam que as modificações na TDF dependem do tipo de programa de treinamento e das ações musculares realizadas. Na hidroginástica, os movimentos rápidos para recuperar o apoio durante os exercícios e para gerar torque rápido para deslocar o corpo durante a marcha produziram aumento da TDT dos extensores do quadril. Desta forma a H₇ foi parcialmente confirmada. O GTF que executou movimentos mais lentos (2 a 3 segundos de duração para as fases excêntrica e concêntrica, respectivamente), tais estímulos parecem não ter sido específicos para aumentar a TDT. Portanto, a H₈ foi confirmada.

3.6 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo indicam que a força muscular dinâmica de membros inferiores pode ser aumentada por um programa de hidroginástica de forma similar aos aumentos obtidos por um treinamento de força.

O torque máximo parece depender do tipo de treinamento e das ações musculares realizadas, sendo que o GHG aumentou o torque dos extensores do quadril e dos plantiflexores enquanto o GTF o aumento do torque foi observado nos flexores do joelho.

A taxa de desenvolvimento e torque aumentou apenas para o GHG, sugerindo que a capacidade de produzir torque muscular rapidamente depende de

estímulos que envolvam força e velocidade, como proposto no presente estudo. Como a TDT têm sido associada à funcionalidade e capacidade de rápida resposta a distúrbios como aqueles causados por escorregões e tropeços que podem evitar uma queda, o exercício aquático demonstra ser uma alternativa adequada para melhoria da função muscular em idosos.

4. COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DOS TREINAMENTOS DE HIDROGINÁSTICA E FORÇA NO CONTROLE POSTURAL DE IDOSAS.

4.1 INTRODUÇÃO

Para a manutenção da postura e do equilíbrio, as informações provenientes dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial precisam ser integradas pelo sistema nervoso central (SNC) com o objetivo de gerar uma resposta muscular mais adequada em função das características da tarefa a ser realizada e dos estímulos do meio ambiente (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; BUGNARIU; FUNG, 2007).

O processo de envelhecimento pode afetar o funcionamento dos sistemas sensoriais e motor e alterar os mecanismos de controle postural. A diminuição da sensibilidade tátil, da acuidade visual e alterações vestibulares (SHUMWAY-COOK; WOLLACOTT, 2003; FREITAS; BARELA, 2006; HORAK, 2006), a redução da força (FRONTERA *et al.*, 2000; DELMONICO *et al.*, 2009), da potência muscular (CANDOW; CHILLIBECK, 2005) e o aumento do tempo de reação (SPIRDUSO, 2005; ERA *et al.*, 1996) são alterações verificadas com o envelhecimento e podem causar dificuldades para o idoso manter ou recuperar o equilíbrio e evitar quedas.

Quando comparados aos jovens, os idosos apresentam maior deslocamento do centro de pressão (CP) (LAUGHTON *et al.*, 2003; MELZER; BENJUYA; KAPLANSKI, 2003; ERA *et al.*, 2006), maior velocidade de deslocamento do CP (Du PASQUIER *et al.*, 2003; ERA *et al.*, 2006) maior atividade muscular e co-ativação dos músculos antagonistas em posição parada (LAUGHTON *et al.*, 2003).

Vários estudos têm sido realizados para verificar o efeito de diferentes programas de exercícios no controle postural de idosos, dentre eles, treinamento de força (BUCHNER *et al.*, 1997), potência (ORR *et al.*, 2006), treinamento combinado envolvendo atividades de caminhada, força e flexibilidade (JUDGE *et al.*, 1993), exercícios posturais e equilíbrio (BALLARD *et al.*, 2005; SHUMWAY *et al.*, 2007; DUNN *et al.*, 2008), dança (SOFIANIDIS *et al.*, 2010), Tai chi (WOLFSON *et al.*, 1996; LI *et al.*, 2004) e atividades aquáticas (SIMMONS, HANSEN, 1996; ALVES *et al.*, 2004; DEVEREUX *et al.*, 2005; DOURIS *et al.*, 2003).

Os resultados dos efeitos do treinamento de força no equilíbrio de idosos não são conclusivos. Por exemplo, o estudo de HOWE *et al.* (2007) apontou que o treinamento de força apresentou efeito benéfico sobre o equilíbrio, tanto em variáveis derivadas de testes funcionais quanto em testes realizados na plataforma de força. No entanto, as evidências que o treinamento de força, realizado isoladamente melhora o equilíbrio não estão claramente determinadas (BUCHNER *et al.*, 1997; WESTHOFF; STEMMERIK; BOSHUIZEN, 2000; SCHLICHT, CAMAIONE, OWEN, 2001; BRANDON *et al.*, 2004; ORR; RAYMOND; SINGH, 2008). Adicionalmente, os achados de Orr *et al.* (2006) indicam que o equilíbrio pode ser modificado com treinamento resistido de baixa intensidade (20% de 1 RM), desde que os movimentos sejam realizados com alta velocidade de contração muscular.

MELZER *et al.* (2008) criticam a falta de especificidade da maior parte dos programas de exercícios propostos para a melhoria do equilíbrio. Desta forma, alternativas de programas de exercícios mais específicos e seus possíveis efeitos sobre o controle postural precisam ser avaliados e comparados ao treinamento de força tradicional que é a modalidade frequentemente recomendada para idosos.

Dentre as atividades físicas mais populares entre os idosos, as atividades aquáticas têm papel destacado, visto que o ambiente aquático é considerado seguro em relação à possível ocorrência de quedas, é estimulante e apresenta boa adesão dos participantes (DEVEREUX; ROBERTSON; BRIFFA, 2005; TSOURLOU *et al.*, 2006). O alívio do peso corporal devido à flutuação causa certa desestabilização, por alterar as informações provenientes do sistema somatossensorial (sensores articulares e cutâneos) (GEIGLE, GOULD e HUNT, 1997). Além disso, o deslocamento dos segmentos corporais pela água provoca turbulência que se transforma em uma fonte contínua de perturbação do equilíbrio durante o treinamento (SKINNER; THOMSON, 1985; MELZER *et al.*, 2008; BECKER, 2009). Logo, o ambiente aquático pode ser uma importante fonte de estímulos para o aprimoramento do sistema de controle postural (MELZER *et al.* 2008).

Estudos realizados com exercícios aquáticos (hidroginástica) têm demonstrado efeitos positivos sobre o controle postural e equilíbrio. Simmons e Hansen (1996) compararam o efeito de um mesmo programa de 5 semanas de exercícios realizados no ambiente aquático ou terrestre e verificaram melhora do

equilíbrio pelo desempenho no teste de alcance funcional nos dois grupos, porém com melhorias mais acentuadas no grupo que realizou os exercícios na água. Posteriormente, Douris *et al.* (2003) realizaram um programa de exercícios similar ao realizado por Simmons e Hansen (1996), porém avaliaram o equilíbrio por meio da escala de equilíbrio de Berg (Berg balance scale). Após 6 semanas de exercícios os autores observaram melhora do equilíbrio nos dois grupos, ao contrário de Simmons e Hansen (1996), diferença entre os meios não foram identificadas. Tsourlou *et al.* (2006) verificaram que após 24 semanas de treinamento na água, os idosos reduziram o tempo de execução no teste *Timed Up and Go*. O mesmo ocorreu no estudo de Alves *et al.* (2006) que mostraram melhora do equilíbrio pela redução do tempo de execução no teste *8Foot Up and Go*, após 12 semanas de hidroginástica.

No entanto, a maior parte dos estudos realizados na água tem sido conduzida através de exercícios de baixa velocidade de execução, os quais podem não representar um estímulo específico para o controle postural, que requer respostas musculares mais rápidas para reposicionar o centro de massa dentro dos limites da base de suporte do corpo (ORR *et al.*, 2006; HAZELL; KENNO; JAKOBI, 2007).

Sendo assim, um programa de treinamento de hidroginástica que priorize a velocidade de execução do movimento, somado às propriedades físicas da água pode proporcionar um importante estímulo para a melhora do controle postural em idosos.

Adicionalmente os estudos que avaliaram o efeito do treinamento no meio aquático sobre o controle postural de idosos o fizeram apenas por meio de testes funcionais que avaliam o equilíbrio dinâmico. Não são conhecidos estudos que tenham avaliado a oscilação corporal em plataforma de força após um programa de hidroginástica. Os testes realizados em plataforma de força têm sido apontados como testes mais sensíveis para identificar alterações no controle postural sem perturbação (SHUMWAY, WOOLLACOTT, 2003).

4.2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de um programa de hidroginástica no controle postural de idosos e compará-los aos efeitos oriundos de um treinamento de força.

4.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo deste estudo os seguintes objetivos específicos foram determinados.

- Analisar e comparar a oscilação corporal durante manutenção da postura ereta quieta de idosos antes e após um período de treinamento de hidroginástica e de um treinamento de força nas condições de apoio bipodal (pés paralelos e unidos) com olhos abertos e olhos fechados e na posição *tandem* com olhos abertos.
- Analisar e comparar o equilíbrio dinâmico em idosos antes e após um período de treinamento de hidroginástica e de um treinamento de força utilizando um teste de levantar, caminhar (2,44m), voltar e sentar cronometrado (*8-foot Up-and-Go*).

4.2.2 Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas:

H₁ – Haverá redução da oscilação corporal como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₂ – Não haverá redução da oscilação corporal como resultado do programa de força.

H₃ – Haverá melhora no equilíbrio dinâmico como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₄ – Não haverá melhora de desempenho no equilíbrio dinâmico como resultado do programa de treinamento de força.

4.3 METODOLOGIA

4.3.1 Procedimentos

O recrutamento das participantes e a divisão dos grupos e procedimentos experimentais foram descritos no capítulo 3 (item 3.2.1)

Para determinar os efeitos do programa de doze semanas de hidroginástica e do treinamento de força sobre o controle postural, os grupos participaram de sessões idênticas de testes. Os testes de equilíbrio foram efetuados sobre uma plataforma de força (AMTI, modelo OR-06, USA). Os dados foram coletados com uma frequência de 100 Hz, filtrados por um filtro passa baixa de 10 Hz e posteriormente processados em programa específico, escrito em ambiente de programação MatLab 7.0.

As participantes foram posicionadas sobre a plataforma de força, distantes 2,0 m de um painel onde se localizava um ponto fixo a altura dos olhos, com os braços posicionados ao longo do corpo, durante 60 segundos, em posição ereta e quieta (FIGURA 4.1). Foram avaliados nas seguintes condições experimentais (a) pés posicionados juntos e paralelos com olhos abertos, (b) pés posicionados juntos e paralelos com olhos fechados e (c) pés posicionados um a frente do outro, com os dedos do pé que estava atrás em contato com o calcanhar do pé posicionado a frente (*Tandem stance*) com olhos abertos.

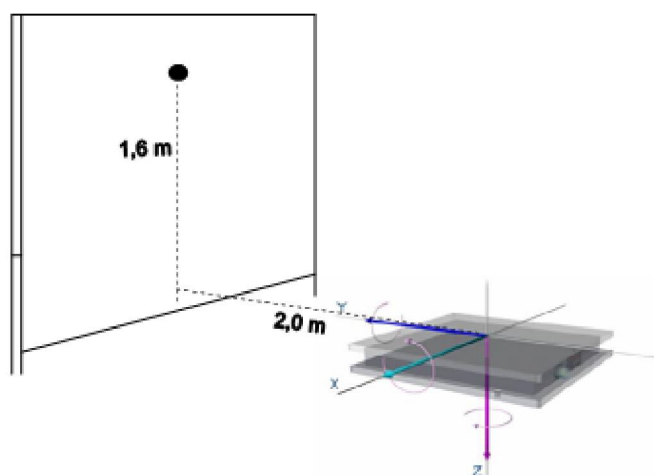


FIGURA 4.1 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO POSICIONAMENTO DO PAINEL COM A REFERÊNCIA VISUAL E DA CÉLULA DE CARGA PARA ESPAÇO E EQUIPAMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO SEM PERTURBAÇÃO.

A ordem de realização dos testes foi determinada aleatoriamente e um período mínimo de 2 minutos de intervalo foi imposto entre cada teste. Na posição de *tandem*, foi permitido ao avaliado se posicionar na plataforma e escolher qual dos pés seria posicionado à frente e esta opção foi mantida no pós-teste.

A posição do CP e as variáveis utilizadas para avaliar o deslocamento do CP foram calculadas a partir do método apresentado por Freitas e Duarte (2005) e estão apresentadas a seguir:

As equações (1) e (2) foram utilizadas para calcular as posições do CP nas direções AP e ML respectivamente:

$$(1) CP_{AP} = (-h \cdot F_y - M_x) / F_z \quad (2) CP_{ML} = (-h \cdot F_x + M_y) / F_z$$

onde, h corresponde à altura da base de apoio acima da plataforma de força, F corresponde às forças, das componentes horizontais (x e y) e vertical (z), e M corresponde aos momentos ao redor do eixo médio-lateral (x) e anteroposterior (y).

O controle postural foi avaliado, pelo deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções es (AP) e médio lateral (ML), que se referem às forças de reação do solo nos sentido horizontais (x e y) e vertical (z) e os momentos criados nas duas direções. A partir destas análises foram obtidas as seguintes variáveis:

A amplitude de oscilação do CP foi definida como a distância que corresponde ao deslocamento máximo e mínimo do CP para as direções AP e ML. A

área corresponde à dispersão estimada dos dados do CP a qual foi calculada por meio do método estatístico análise dos componentes principais. Uma elipse que engloba 95% dos dados do CP foi calculada a partir das medidas de dispersão dos dados do CP. A trajetória do CP foi calculada pelo comprimento da trajetória do CP sobre a base de suporte, determinado pelo deslocamento do CP na direção e mediolateral. A velocidade média foi determinada pela rapidez do deslocamento do CP nas direções AP e ML e foi calculada pelo cálculo da primeira derivada do deslocamento.

Para avaliar o equilíbrio dinâmico foi aplicado o teste “8 foot-up and go”, que consiste em levantar-se de uma cadeira de 43 cm de altura e caminhar rapidamente até um ponto determinado, em uma distância de 2,44 m, contornar um cone e retornar a posição sentada. Foi anotado o menor tempo necessário para a realização desta tarefa após duas tentativas (RIKLY; JONES, 1998).

4.3.2 Programa de exercícios

Os programas de treinamento de hidroginástica e de força estão descritos no Capítulo 3 (item 3.3.4).

4.3.3 Tratamento estatístico

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para confirmar a normalidade dos dados. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados (transformação logarítmica) e novamente testados. Depois de confirmada a distribuição normal, um número de análises de variância (ANOVA two-way) foi aplicado para testar as diferenças entre os grupos experimentais e o grupo controle e a evolução dos parâmetros ao longo das medidas (PRE e PÓS). Uma análise de variância com um fator (ANOVA one-way) foi utilizada para comparar os grupos em relação aos dados iniciais (pré-treinamento), havendo diferenças, então uma análise de covariância foi realizada (ANCOVA) utilizando os dados iniciais como covariadas para comparar os valores pós-teste desconsiderando as diferenças iniciais. A velocidade do CP na direção anteroposterior não apresentou distribuição normal, mesmo após um número de transformações. Portanto, uma análise estatística não paramétrica foi utilizada. Quando diferenças foram encontradas o teste de Tukey foi

aplicado para determinar onde estas ocorreram. Os testes estatísticos tiveram nível de significância de $p < 0.05$ e foram aplicados através do software Statística versão 7.0 (StatSoft, USA).

4.4 RESULTADOS

Os resultados dos testes de equilíbrio estático (4.3.1) e dinâmico (4.3.2.) serão detalhados a seguir. As condições de cada teste são apresentadas

4.4.1 Testes de equilíbrio estático

Os testes de equilíbrio na posição ereta foram realizados em três diferentes condições conforme descrições.

4.4.1.1 Condição 1 - pés juntos e paralelos com olhos abertos

Os resultados dos testes de equilíbrio na plataforma de força na posição ereta quieta com os pés juntos e paralelos com olhos abertos (condição 1) para a amplitude do CP, a velocidade, a área e a trajetória do CP foram similares entre os grupos no pré-teste ($p > 0,05$) e estão apresentados na Tabela 4.1. Não foram encontradas diferenças entre os períodos pré e pós-testes em nenhuma das variáveis para os grupos analisados nesta condição (pés juntos e paralelos com olhos abertos) ($p > 0,05$).

TABELA 4.1 – VALORES MÉDIOS (\pm DESVIO PADRÃO) DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO ERETA QUIETA NA CONDIÇÃO DE PÉS JUNTOS OLHOS ABERTOS.

	GHG		GTF		GC		F (2,49)	
	Pré	Pos	Pré	Pos	Pré	Pos	F	P
Ampl CP ML (cm)	2,98 $\pm 0,73$	3,05 $\pm 0,66$	3,45 $\pm 0,95$	3,2 $\pm 0,66$	2,97 $\pm 0,78$	3,1 $\pm 0,9$	1,2	0,30
Ampl CP AP (cm)	3,14 $\pm 0,75$	3,4 $\pm 0,98$	3,66 $\pm 0,96$	3,43 $\pm 0,81$	2,94 $\pm 0,57$	2,94 $\pm 0,74$	1,3	0,25
Vel (rms) ML (cm/s)	1,67 $\pm 0,48$	1,67 $\pm 0,44$	1,72 $\pm 0,4$	1,62 $\pm 0,43$	1,44 $\pm 0,5$	1,39 $\pm 0,55$	0,31	0,73
Vel (rms) AP (cm/s)	1,32 $\pm 0,46$	1,28 $\pm 0,34$	1,31 $\pm 0,22$	1,23 $\pm 0,34$	1,27 $\pm 0,44$	1,24 $\pm 0,46$	0,9	0,95
Área CP (cm ²)	4,69 $\pm 2,17$	5,87 $\pm 3,9$	5,64 $\pm 2,61$	5,33 $\pm 2,74$	5,05 $\pm 2,39$	5,0 $\pm 2,6$	1,3	0,25
Trajectoria CP (cm)	107,6 $\pm 32,95$	107,5 $\pm 27,7$	105,9 $\pm 16,64$	101,2 $\pm 25,17$	98,06 $\pm 31,5$	95,04 $\pm 34,5$	0,19	0,81

Ampl CP ML – amplitude do deslocamento do CP na direção mediolateral; Ampl CP AP - amplitude do deslocamento do CP na direção ; Vrms ML – valor médio quadrático da componente de velocidade mediolateral do CP; Vrms AP – valor médio quadrático da componente de velocidade do CP; Área-área do CP; Trajetória do CP- comprimento da trajetória do CP nas direções e mediolateral.

4.4.1.2 Condição 2 - pés juntos e paralelos com olhos fechados

Os resultados dos testes de equilíbrio na plataforma de força na posição ereta quieta com os pés juntos e paralelos com olhos fechados (condição 2) para a amplitude do CP, a velocidade, a área e a trajetória do CP foram similares entre grupos (GHG, GTF e GC) no pré-teste ($p > 0,05$). Na Tabela 4.2 estão apresentados os resultados observados após as 12 semanas de intervenção. Não foram encontradas alterações entre os períodos pré e pós-testes em nenhuma das variáveis para os grupos analisados nesta condição (pés juntos e paralelos com olhos fechados) ($p > 0,05$).

TABELA 4.2 – VALORES MÉDIOS (\pm DESVIO PADRÃO) DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO ERETA QUIETA NA CONDIÇÃO DE PÉS JUNTOS OLHOS FECHADOS.

	GHG		GTF		GC		F (2,49)	
	Pré	Pos	Pré	Pos	Pré	Pos	F	P
Ampl CP ML (cm)	3,74 $\pm 1,08$	3,58 $\pm 1,13$	3,56 $\pm 1,07$	3,79 $\pm 0,85$	3,03 $\pm 1,18$	3,44 $\pm 1,35$	2,56	0,08
Ampl CP AP (cm)	3,5 $\pm 0,99$	3,41 $\pm 1,12$	3,61 $\pm 1,53$	3,97 $\pm 1,4$	3,39 $\pm 1,05$	3,71 $\pm 1,13$	1,27	0,28
Vel (rms) ML (cm/s)	2,2 $\pm 0,88$	2,14 $\pm 0,71$	2,17 $\pm 0,77$	1,97 $\pm 0,53$	1,67 $\pm 0,72$	1,75 $\pm 0,87$	1,41	0,25
Vel (rms) AP (cm/s)	1,94 $\pm 0,9$	1,62 $\pm 0,54$	1,71 $\pm 0,67$	1,59 $\pm 0,39$	1,56 $\pm 0,64$	1,16 $\pm 0,63$	1,77	0,18
Area CP (cm ²)	6,85 $\pm 4,13$	6,29 $\pm 3,48$	6,18 $\pm 3,85$	6,82 $\pm 2,99$	4,72 $\pm 2,95$	6,55 $\pm 4,22$	1,88	0,16
Trajetória CP (cm)	149,8 $\pm 62,29$	134,9 $\pm 41,43$	138,6 $\pm 49,2$	132 $\pm 31,36$	114,9 $\pm 45,83$	121,1 $\pm 51,31$	0,5	0,6

Ampl CP ML – amplitude do deslocamento do CP na direção mediolateral; Ampl CP AP - amplitude do deslocamento do CP na direção ; Vrms ML – valor médio quadrático da componente de velocidade mediolateral do CP; Vrms AP – valor médio quadrático da componente de velocidade do CP; Área-área do CP; Trajetória do CP- comprimento da trajetória do CP nas direções e mediolateral.

4.4.1.3 Condição 3 - posição *tandem* com olhos abertos

Na Tabela 4.3 estão apresentados os resultados dos GHG, GTF e GC do pré e pós-testes para a amplitude do CP, a velocidade, a área e a trajetória do CP na posição *tandem* ereta quieta com olhos abertos (condição 3). Os grupos não diferiram entre si em relação no início do treinamento (pré) em nenhuma das variáveis ($p > 0,05$). Não foram encontradas diferenças entre os períodos pré e pós-testes em nenhuma das variáveis para os grupos analisados nesta condição (Posição *tandem* ereta quieta com olhos abertos) ($p > 0,05$).

TABELA 4.3 – VALORES MÉDIOS (\pm DESVIO PADRÃO) DA OSCILAÇÃO CORPORAL NA POSIÇÃO ERETA QUIETA NA CONDIÇÃO DE PÉS EM POSIÇÃO DE TANDEM E OLHOS ABERTOS.

	GHG		GTF		GC		F (2,49)	
	Pre	Pos	Pré	Pos	Pré	Pos	F	P
Ampl CP ML (cm)	4,06 $\pm 0,64$	4,43 $\pm 0,74$	4,63 $\pm 0,53$	4,66 $\pm 0,91$	4,16 $\pm 0,86$	4,62 $\pm 0,92$	1,16	0,32
Ampl CP AP (cm)	3,55 $\pm 1,14$	3,99 $\pm 1,84$	3,98 $\pm 1,17$	4 $\pm 1,74$	2,74 $\pm 0,79$	3,62 $\pm 1,89$	0,83	0,44
Vel (rms) ML (cm/s)	3,07 $\pm 0,59$	3,36 $\pm 0,95$	3,62 $\pm 0,66$	3,6 $\pm 0,85$	2,89 $\pm 0,71$	3,27 $\pm 0,87$	1,1	0,33
Vel (rms) AP (cm/s)	2,35 $\pm 0,6$	2,51 $\pm 1,05$	2,49 $\pm 0,61$	2,48 $\pm 0,88$	2,03 $\pm 0,68$	2,46 ± 1	1,36	0,26
Area CP (cm ²)	6,39 $\pm 2,3$	7,08 $\pm 3,11$	7,23 $\pm 2,11$	8,32 $\pm 4,65$	4,98 $\pm 2,22$	6,54 $\pm 3,19$	0,28	0,75
Trajectoria CP (cm)	197 $\pm 39,7$	209,8 $\pm 64,7$	217,2 $\pm 37,3$	216,2 $\pm 53,3$	175,3 $\pm 46,3$	199,1 $\pm 58,2$	0,79	0,45

Ampl CP ML – amplitude do deslocamento do CP na direção mediolateral; Ampl CP AP - amplitude do deslocamento do CP na direção ; Vrms ML – valor médio quadrático da componente de velocidade mediolateral do CP; Vrms AP – valor médio quadrático da componente de velocidade do CP; Área-área do CP; Trajetória do CP- comprimento da trajetória do CP nas direções e mediolateral.

4.4.2 Testes dinâmicos de equilíbrio

Os resultados dinâmicos de equilíbrio foram similares entre os grupos antes do início do programa de exercícios (pré; $p > 0,05$). Após o programa de exercícios o GHG reduziu o tempo de realização do teste *8-foot up-and-go* ($5,59 \pm 0,74$ vs $5,14 \pm 0,45$; $p = 0,009$). No entanto, o GTF não apresentou alterações em função do treinamento ($5,70 \pm 0,76$ vs $5,80 \pm 0,80$; $p > 0,05$). O GC também permaneceu sem modificações no período entre pré e pós-testes. ($5,47 \pm 0,63$ vs $5,47 \pm 0,55$; $p > 0,05$). A Figura 4.2 apresenta os resultados dos grupos antes e após o período de treinamento.

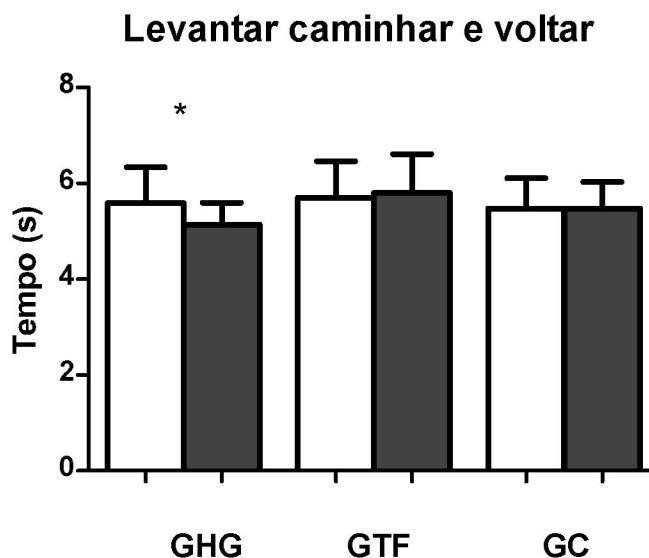


FIGURA 4.2 – VALORES MÉDIOS (\pm DESVIO PADRÃO) DOS TESTES DE LEVANTAR DA CADEIRA CAMINHAR E VOLTAR (EQUILÍBRIO DINÂMICO) PARA OS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC) PRÉ E PÓS-TREINO. *DIFERENÇAS ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE ($P < 0,05$). NÃO HOUVE DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ-TESTE ($P > 0,05$).

4.5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito de um treinamento de hidroginástica, composto por exercícios aeróbios e resistidos orientados para o desenvolvimento da força de membros inferiores realizados com velocidade a fim de melhorar o equilíbrio postural de idosos. Além disso, o estudo visou comparar com os efeitos do programa de hidroginástica com os derivados de um treinamento resistido de força.

O principal achado foi que os programas de treinamento de hidroginástica e treinamento de força não proporcionaram nenhuma alteração nas variáveis estabilométricas analisadas, nas três condições experimentais. No entanto, o grupo de hidroginástica apresentou melhor desempenho no teste de equilíbrio dinâmico após o período de treinamento, enquanto que os demais grupos nenhuma alteração foi observada.

4.5.1 Equilíbrio na posição ereta quieta

A escassez de estudos que tenham avaliado o equilíbrio por meio de testes em plataforma de força (estabilometria) após a realização de programa de treinamento na água torna difícil a comparação de resultados.

No presente estudo o equilíbrio não foi influenciado pelo programa de exercícios aquáticos mesmo quando a informação visual foi restringida ou a base de suporte reduzida (posição de *tandem*) condições de maior desafio para a manutenção do equilíbrio. As perturbações geradas pela turbulência da água e a natureza dinâmica dos exercícios e deslocamentos empregados durante o treinamento podem estar mais relacionados à capacidade de restabelecer o equilíbrio do que manter a postura ereta sem perturbação. A escolha do teste a ser utilizado deve considerar o tipo de resposta que se espera da intervenção proposta (COWLEY, KERR, 2003), desta forma alterações na capacidade de recuperar o equilíbrio que eventualmente possam ter ocorrido em resposta ao treinamento podem não ter sido detectadas pelos testes que avaliam a oscilação corporal em posição ereta quieta.

Com base nestes resultados a hipótese experimental H_1 foi rejeitada, visto que o programa de treinamento de hidroginástica não causou modificações sobre o equilíbrio estático.

A ausência de modificações sobre o equilíbrio no grupo que treinou força tem sido reportada por outros autores (BUCHNER *et al.*, 1997; WESTHOFF; STEMMERIK; BOSHUIZEN, 2000; SCHLICHT; CAMAIONE; OWEN, 2001; BRANDON *et al.*, 2004; LATHAM *et al.*, 2004; ORR; RAYMOND; SINGH, 2008) e indicam que melhorias sobre a força muscular podem não exercer um papel determinante sobre a capacidade de manter o equilíbrio na posição ereta quieta. Além disso, a capacidade dos idosos de gerar força muscular é bastante superior à quantidade de força necessária para a manutenção da posição ereta sem perturbação (MAKI, McILROY, 1996) e desta forma qualquer aumento na capacidade de produzir força pode não resultar necessariamente em melhora do equilíbrio nesta condição.

Outra explicação para a ausência de modificações no equilíbrio estático está na falta de especificidade dos exercícios empregados no treinamento de força, os

quais são predominantemente uniarticulares e influenciam articulações isoladas de forma independente. Assim, tais exercícios visam melhorar a capacidade contrátil e não oferecem estímulos que efetivamente estimulem os sistemas de controle postural (ANDERSON; BEHM, 2005). De fato, programas de treinamento de força que associaram exercícios de equilíbrio em suas rotinas mostraram-se mais efetivos para a melhora do controle postural em idosos do que aqueles que somente empregaram exercícios de força (JUDGE *et al.*, 2003; WOLFSON *et al.*, 1996; DIBREZZO *et al.*, 2005).

Assim, a hipótese experimental H₂, de que um programa de exercícios resistidos seria inespecífico e não produziria efeitos sobre o equilíbrio estático foi aceita

4.5.2 Equilíbrio dinâmico

A melhora do equilíbrio dinâmico como resposta ao programa de hidroginástica verificada no presente estudo está em concordância com outros estudos que envolveram exercícios aquáticos (SIMMONS; HANSEN, 1996; DOURIS *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2004; TSOURLOU *et al.*, 2006).

A ênfase do treinamento de hidroginástica na velocidade de execução dos movimentos e o uso de deslocamentos variados podem ter sido específicos em relação ao teste utilizado, que avalia o equilíbrio dinâmico, porém demanda adicionalmente potência muscular, velocidade e agilidade (RIKLI, JONES, 1999a). Durante a realização dos exercícios de hidroginástica, a necessidade de manter uma determinada posição corporal e de reposicionar os segmentos corporais resultantes da turbulência pode ter imposto uma demanda importante sobre alguns grupos musculares. Por exemplo, os músculos do tornozelo (flexores e extensores) são estimulados pela constante movimentação do corpo decorrente do movimento da água o que pode resultar em aumento da propriocepção nestes músculos (DEVEREUX; ROBERTSON; BRIFA, 2005).

Além disso, a turbulência da água exige estabilização central (co-contração de músculos abdominais e dorsais) antes que o movimento distal seja realizado. Desta forma pode proporcionar melhora do alinhamento postural (RUOTI, MORRIS, COLE, 2000) e a estabilidade do tronco (DEVEREUX, ROBERTSON, BRIFA, 2005).

Além das alterações atribuídas ao meio aquático a estratégia utilizada no presente estudo, priorizando ações musculares rápidas mediante a execução dos exercícios com velocidade, podem ter contribuído para as alterações observadas no equilíbrio dinâmico, visto que o teste utilizado também envolve ações que requerem velocidade e potência. Adicionalmente, a velocidade de execução dos exercícios pode ter resultado em adaptações neurais, que podem ser confirmadas pelas alterações verificadas no pico e na taxa de desenvolvimento de torque no grupo de hidroginástica. Orr *et al.* (2006), embora não tenham determinado diretamente no estudo, sugeriram que a melhora do equilíbrio pode resultar das adaptações neurais decorrente de treinamento que envolve contrações musculares rápidas.

Assim, a hipótese experimental H₃ de que um programa de hidroginástica que priorize a velocidade de movimentos e deslocamentos aliado às características físicas dinâmicas da água pode melhorar o equilíbrio dinâmico foi aceita.

A ausência de modificações no equilíbrio dinâmico do grupo submetido ao treinamento de força pode ser explicada pelo padrão de recrutamento muscular decorrente do treinamento de força realizado com cargas elevadas e com baixa velocidade de execução. O equilíbrio dinâmico parece depender mais da velocidade de contração muscular do que da capacidade de produzir força máxima (ORR *et al.* 2006). Além disso, os idosos parecem ter maiores dificuldades em transferir os ganhos obtidos com o treinamento para além do contexto dos exercícios realizados (ORR *et al.* 2006). Portanto, os ganhos obtidos pelo treinamento de força que utiliza exercícios para grupos musculares e articulações isoladamente podem não ser transferidos para tarefas que envolvem ações multiarticulares e necessitam da coordenação de vários grupos musculares (LATHAM *et al.*, 2003; ORR, RAYMOND, SINGH, 2008; HAZELL; KENNO; JAKOBI, 2007) .

Logo, a hipótese experimental H₄ de que o treinamento de força como única forma de intervenção não é um estímulo eficaz para melhorar o equilíbrio foi aceita.

4.6 CONCLUSÕES

O treinamento de hidroginástica não apresentou efeito positivo para o equilíbrio em idosas avaliado na plataforma de força em posição ereta não

perturbada. O mesmo foi observado em relação ao grupo que foi submetido a um treinamento resistido de força.

O programa de hidroginástica proposto e as características ou propriedades físicas da água não demonstraram efeitos importantes sobre o equilíbrio sem perturbação. Novos estudos que incluam exercícios aquáticos com maior ênfase sobre o equilíbrio (ex. base de apoio reduzida, apoio uni podal) devem ser realizados.

O equilíbrio dinâmico melhorou após o treinamento de hidroginástica, mas não se alterou com o treinamento de força. Os resultados sugerem que as adaptações ao treinamento são específicas ao tipo e conteúdo de treinamento realizado. Além disso, os resultados apresentados pelo grupo de treinamento resistido sugerem que o treinamento exclusivo de força não deve ser a forma preferencial de treinamento quando o objetivo for a melhoria do equilíbrio.

Os estudos que envolveram atividades aquáticas encontraram melhorias no equilíbrio quando testes dinâmicos de equilíbrio foram aplicados. O teste de equilíbrio na posição parada sem perturbação, embora identifique diferenças no controle postural entre jovens e idosos pode não ser suficientemente sensível para captar diferenças decorrentes de programas de atividade física.

5. COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DE UM TREINAMENTO DE HIDROGINÁSTICA E DE FORÇA NA FUNCIONALIDADE E MOBILIDADE DE IDOSAS.

5.1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento é caracterizado por uma série de alterações neuromusculares que resulta em redução da força (Frontera *et al.*, 2000; Delmonico *et al.*, 2009), da potência (Candow; Chillibeck, 2005) e da capacidade de resistir à fadiga (Petrella, Kim; Tuggle; Hall; Bamman, 2005), que podem ter impacto na capacidade funcional dos idosos (Narici; Maganaris; Reeves; Capodaglio, 2003; Hortobágyi; Mizzelle; Beam; De Vita, 2003; Misic; Rosengren; Woods; Evans, 2007) e reduzir o desempenho da marcha (NARDEAU; GRAVEL; OLNEY, 2001).

Um dos principais indicadores da capacidade funcional é a mobilidade e refere-se à independência na realização de tarefas diárias como transferir-se da cama para uma cadeira, caminhar, subir e descer escadas. Essas atividades demandam grande amplitude articular, resistência, força (GURALNIK; FRIED; SALIVE, 1996) e potência muscular (MISZKO *et al.*, 2003). A capacidade de produzir força máxima é afetada pelo envelhecimento, portanto idosos necessitam de um esforço relativo muito maior para realizar tarefas quando comparados a adultos jovens, durante a realização de tarefas como subir e descer escadas e levantar-se de uma cadeira (78%, 88%, e 80% da força máxima, respectivamente) (HORTOBAGYI *et al.*, 2003).

A marcha, se mantém relativamente estável até aproximadamente a sexta década quando começa a apresentar declínio em um número de parâmetros cinemáticos (CROWINSHIELD; BRAND, JOHNSTON, 1977; BUTLER; DRUZIN; SULLIVAN, 2006). Redução da velocidade (OSTROSKI; VANSWEARINGEN; BURDETT; GEE, 1994; KERRIGAN *et al.*, 1998), do comprimento do passo e da passada (HAGEMAN; BLANKE, 1989; OSTROSKI; VANSWEARINGEN; BURDETT; GEE, 1994; KERRIGAN *et al.*, 1998; MENZ; LORD; FITZPATRICK, 2003), da elevação do pé durante a fase de balanço (CHIBA, *et al.*, 2005) e aumento da fase de apoio têm sido observados em idosos (BUTLER; DRUZIN; SULLIVAN, 2006). Este conjunto de alterações demonstrou comprometer a mobilidade e aumento do risco de quedas (MBOURU; LAJOIE; TEASDALE, 2003; CHIBA *et al.*, 2005; BARAK;

WAGENAAR; HOLT, 2006). Assim, tarefas aparentemente simples para a maioria das pessoas podem constituir um obstáculo para o idoso viver de forma independente (SPIRDUSO, 1995).

Vários estudos foram realizados para verificar o efeito de diferentes programas de exercícios na capacidade funcional de idosos. Tais estudos envolveram exercícios de força (KALAPOTHARAKOS *et al.*, 2005; PERSCH *et al.*, 2009), potência (HENWOOD *et al.*, 2006), aeróbios combinados com treinamento de força e marcha (ZEN-BO *et al.*, 2007), força e potência (WALLERSTEIN, 2012), além de exercícios aquáticos (TSOURLOU *et al.*, 2006; ALEXANDER, BUTCHER, MACDONALD, 2001; ALVES *et al.*, 2004).

Kalapotharakos *et al.* (2005) avaliaram o efeito de 12 semanas de treinamento de força intenso (80% de 1 RM) e moderado (50% de 1 RM) sobre a capacidade de idosos em realizar um conjunto de testes funcionais e observaram melhora do desempenho. Interessantemente, ambos os grupos apresentaram melhorias nos testes funcionais, independente da intensidade do treinamento. Persch *et al.* (2009) após 12 semanas de treinamento de força (10-12 RM), verificaram que idosos modificaram variáveis cinemáticas da marcha e se aproximaram ao padrão de movimento apresentado por mulheres jovens. Aumentos da velocidade média, da cadência da passada e da elevação do pé na fase de balanço foram observados. Protas e Tissier (2009) combinaram treinamento de força com exercícios de caminhada rápida e verificaram aumentos na velocidade da marcha, tanto em velocidade usual como em velocidade máxima. Zen-Bo *et al.* (2007) propuseram um treinamento combinado de exercícios aeróbios, coordenação, força muscular e caminhada e encontraram alterações no desempenho de testes funcionais e em alguns parâmetros cinemáticos da marcha. No entanto, alguns estudos com treinamento de força, embora efetivos para a melhora da função muscular, não resultam, necessariamente, em incrementos sobre a capacidade funcional (MISZKO *et al.*, 2003; BOTTARO *et al.*, 2007; Steib *et al.*, 2010).

Os exercícios aquáticos, tem se mostrado uma alternativa para o treinamento de idosos e alguns estudos demonstraram que este tipo de exercício pode melhorar a função muscular e a funcionalidade. Tsourlou *et al.* (2006), após um treinamento de exercícios na água, observou redução do tempo de realização no teste de levantar de uma cadeira caminhar e voltar (*timed up and go*). Alves *et al.* (2004)

avaliaram aspectos da aptidão física por meio de testes funcionais em idosas com baixa capacidade física e encontraram melhora na força de membros inferiores, flexibilidade, agilidade e equilíbrio após exercícios realizados na água. Alexander, Butcher, MacDonald (2001) avaliaram um conjunto de variáveis lineares e temporais da marcha após programa de exercícios na água e verificaram aumento no comprimento da passada após a intervenção.

No entanto, estes programas de exercícios aquáticos têm se caracterizado pela combinação de exercícios aeróbios e de resistência muscular, normalmente realizado em baixa velocidade. A utilização de movimentos em baixa velocidade contrasta com as exigências das atividades da vida diária como levantar de uma cadeira e subir escadas, deslocar-se rapidamente de um local a outro. Tais atividades demandam elevada velocidade de movimento (MISZKO *et al.*, 2003). De fato, programas de treinamento que envolve potência muscular (exercícios de força realizados com maior velocidade de movimento, especialmente na fase concêntrica), além de aumentar a capacidade contrátil (força máxima) têm sido efetivos para a melhora da funcionalidade (MISZKO *et al.*, 2003; HENWOOD *et al.*, 2006; BOTTARO *et al.*, 2007; Steib *et al.*, 2010; MARSH *et al.*, 2009; TSCHOPP *et al.* 2011).

5.2 Objetivo

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de um programa de hidroginástica que envolveu exercícios com deslocamentos, coordenação e exercícios de força de membros inferiores com o uso de equipamentos resistivos realizados com alta velocidade sobre o desempenho de testes funcionais e a mobilidade (variáveis espaciais e temporais da marcha) de idosas. Além disso, o presente estudo visou comparar os efeitos do treinamento de hidroginástica com os derivados de um treinamento de força tradicional, usualmente recomendado para esta população.

5.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo do estudo, um conjunto de objetivos específicos foi determinado.

- Comparar os efeitos de um programa de doze semanas de hidroginástica e de um programa de treinamento de força no desempenho de um conjunto de testes funcionais.
- Comparar os efeitos de um programa de doze semanas de hidroginástica e de um programa de treinamento de força sobre variáveis espaciais e temporais da marcha.

5.2.2 Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas:

H₁ – Haverá melhora no desempenho nos testes funcionais como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₂ – Não haverá melhora no desempenho nos testes funcionais como resultado do programa de força.

H₃ – Haverá melhora nas variáveis espaciais lineares e temporais da marcha como resultado do programa de treinamento de hidroginástica.

H₄ - Haverá melhora nas variáveis espaciais lineares e temporais da marcha como resultado do programa de força.

5. 3 METODOLOGIA

5.3.1 Procedimentos

O recrutamento das participantes e a divisão dos grupos e procedimentos experimentais estão descritos no capítulo 3 (item 3.3.1)

Para determinar os efeitos do programa de doze semanas de hidroginástica e do treinamento de força sobre a funcionalidade, os grupos participaram de sessões

idênticas de testes. Inicialmente, os participantes compareceram ao laboratório de biomecânica do Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e foram submetidos a uma avaliação dos parâmetros espaço-temporais da marcha. Em seguida, os idosos realizaram os testes funcionais em uma quadra poliesportiva. A ordem dos testes foi definida a fim de evitar fadiga. A sessão de testes foi realizada com uma semana de antecedência ao início do programa de treinamento (pré-teste) e ao final das doze semanas de exercícios (pós-teste).

5.3.2 Testes funcionais

Para avaliar a capacidade funcional, foi aplicada uma bateria de testes para avaliar a capacidade aeróbia, força muscular, agilidade, flexibilidade e equilíbrio (RIKLY; JONES, 1999a) e compreenderam os seguintes testes:

- Teste da caminhada de 6 minutos: o avaliado foi orientado a caminhar a maior distância possível, sem correr, durante seis minutos em um percurso retangular de 45,7m, demarcado por cones a cada 4,57m. Ao final o avaliador determinou e anotou a distância total percorrida pelo avaliado.
- Teste de sentar e levantar de uma cadeira: o teste tem por objetivo avaliar de forma indireta a força de membros inferiores. O avaliado foi orientado a levantar e sentar em uma cadeira de 0,43m de altura, com as costas apoiadas e braços cruzados à frente do peito e pés bem apoiados no solo durante 30s, foi anotado o número de repetições completas executadas neste tempo.
- Teste de agilidade e equilíbrio dinâmico: foi aplicado o teste “8 foot-up and go”, que consiste em levantar-se de uma cadeira de 0,43m de altura e caminhar rapidamente até um ponto determinado, em uma distância de 2,44m, contornar um cone e retornar a posição sentada. Foi anotado o tempo necessário para a realização desta tarefa.

- Teste de flexibilidade: A flexibilidade foi avaliada pelo teste de sentar e alcançar adaptado, com o avaliado sentado em uma cadeira de encosto reto, apoiada a parede. A perna a ser avaliada deve estar estendida com o calcanhar em contato com o chão e o pé em flexão dorsal. O avaliado realizou uma inspiração e com as duas mãos sobrepostas inclinou o tronco à frente e procurou alcançar o máximo possível a ponta do seu pé sem flexionar o joelho e permaneceu por 3s. O avaliador utilizou uma régua para realizar a medida, sendo positiva quando o avaliado ultrapassou a ponta do pé ou negativa caso não tenha alcançado a ponta do pé. Foi anotada a melhor de duas tentativas.

5.3.3 Análise de parâmetros espaço-temporais da marcha

A análise cinemática da marcha foi realizada para determinar as características espaciais e temporais da marcha, antes e após a realização dos programas de exercício. Marcadores reflexivos auto-adesivos (esferas de 25mm. de diâmetro) foram colocados em ambos os membros inferiores, nos seguintes pontos anatômicos: espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS), quinta vértebra lombar (L5), trocânter maior do fêmur (TROC), epicôndilo lateral do fêmur (JOEL), maléolo lateral da tíbia (TORN) e articulação metatarso-falangeal do 5º dedo do pé (ANTE-PÉ) e calcâneo (CALC). A união de alguns centros articulares possibilitou a determinação dos segmentos corporais, que foram utilizados para compor o modelo biomecânico usado para a análise (Figura 5.1). Após a colocação dos marcadores as medidas referentes ao posicionamento de cada um deles (distância entre os pontos) foram anotadas para servir de referência no período de pós-teste (APÊNDICE 4).

A partir do modelo criado, uma análise tridimensional (3D) dos membros inferiores foi realizada. Essa metodologia de análise tridimensional unilateral tem sido amplamente utilizada em pesquisas que tem como objetivo investigar aspectos relativos da marcha (EVANS *et al.*, 2003; KERRIGAN *et al.*, 1998, 2001, 2003) e apresenta resultados que podem ser transferidos para o membro contralateral em função da simetria encontrada em sujeitos saudáveis (SADEGHI *et al.*, 2000). SADEGHI *et al.* (2000) realizaram uma ampla revisão de literatura sobre publicações que investigaram a simetria bilateral e a influência da dominância sobre a coordenação da marcha. A maioria dos resultados demonstrou que não existem

diferenças significativas entre o padrão cinemático e cinético entre os membros inferiores (15 de 17 estudos) ou dominância de um membro (18 de 23 estudos).

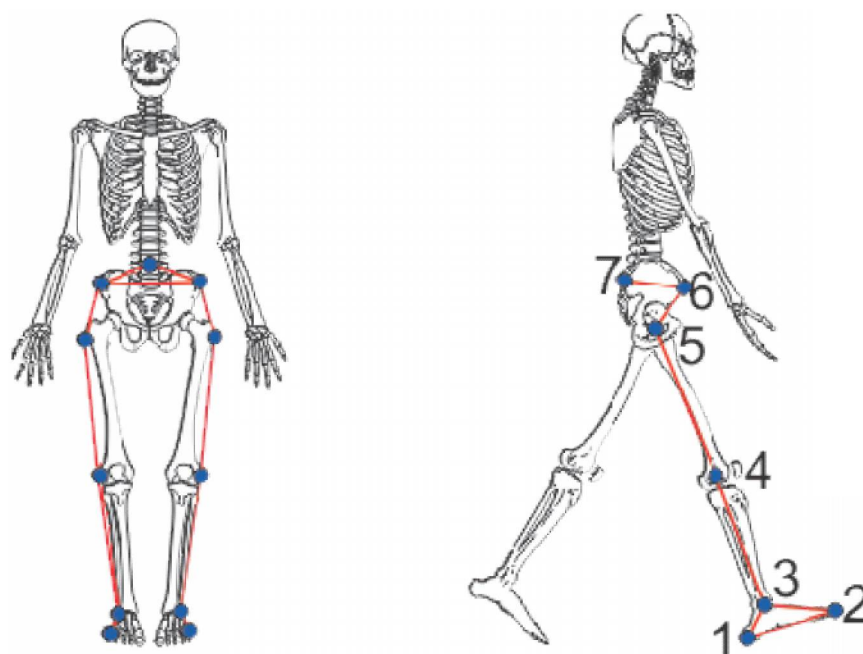


FIGURA 5.1 – MODELO BIOMECÂNICO PARA A ANÁLISE DA MARCHA DE PESSOAS IDOSAS. 1- CALCÂNEO; 2- BASE DO 5º METATARSO; 3- MALÉOLO LATERAL; 4- EPICÔNDILO DO FÊMUR; 5- TROCANTER MAIOR; 6- ESPINHA ILÍACA ANTERO SUPERIOR; 7- 5ª VÉRTEBRA LOMBAR (L5).

A marcha dos sujeitos foi efetuada em terreno plano, em uma área de coleta de 8 metros, no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM – UFPR). Foram utilizadas seis câmeras que operam com um sistema infravermelho de detecção de marcas (Peak Vicon, MX13), com frequência de 100 Hz. Os participantes foram instruídos a caminhar em velocidade usual do início até o final da área de caminhada por dez vezes consecutivas. Um ciclo intermediário de cada uma das repetições (dez ciclos da marcha) de cada participante, antes (PRÉ) e após (PÓS) as 12 semanas dos programas de exercício foi filmado e selecionado para fins de análise. A área calibrada para realização do ciclo da marcha foi de 3,0m de comprimento, 1,5m de largura e 1,7m de altura. Para análise dos resultados foram considerados os 3 (três) primeiros ciclos válidos para digitalização no software de análise. A seleção dos ciclos válidos ocorreu em ordem inversa, iniciando na décima repetição. O ciclo da marcha correspondeu ao intervalo de dois toques consecutivos

do mesmo calcanhar no solo. Os valores obtidos foram normalizados (0 –100%) e o padrão compreendeu a média agrupada das três tentativas validadas e digitalizadas antes e após (PRÉ e PÓS) as 12 semanas do estudo.

As variáveis cinemáticas temporais e espaciais lineares analisadas estão apresentadas nos quadros 5.1 e 5.2.

QUADRO 5.1 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS ESPACIAIS LINEARES DA MARCHA

Variável	Definição da variável
Comprimento da passada (CP)	Distância entre o contato inicial do pé direito e o segundo contato do pé direito, projetada no eixo de deslocamento do sujeito (m). O ponto de referência utilizado foi o marcador posicionado no calcâneo.
Velocidade da marcha (VM)	Velocidade do sujeito no sentido do seu deslocamento ($m.s^{-1}$). A VM foi obtida pelo produto do comprimento da passada pela cadência ($VM = CP \times CAD$).
Velocidade de contato do calcanhar (VCC)	Velocidade da resultante do calcanhar no momento de contato com o solo ao final do ciclo da marcha ($m.s^{-1}$). O ponto de referência utilizado foi o marcador posicionado no calcâneo.
Elevação do pé (EP)	Altura mínima de distância da base do 5º metatarso em relação ao solo durante a fase de balanço no eixo z (m). O ponto de referência utilizado foi o marcador posicionado na base do 5º metatarso.

QUADRO 5.2 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS TEMPORAIS DA MARCHA

Variável	Definição da variável
Tempo total do ciclo da marcha (TCM)	Tempo entre dois contatos consecutivos com o solo do mesmo calcanhar (s).
Tempo da fase de apoio (TFA)	Tempo total em que o membro analisado se encontra em contato com o solo (s). Número de quadros multiplicado pela duração de cada quadro (0,01s).
Tempo da fase de balanço (TFB)	Tempo total em que o membro analisado não está em contato com o solo (s). Número de quadros multiplicado pela duração de cada quadro (0,01s).
Cadência da marcha (CAD)	Número de passadas por unidade de tempo (passadas.s ⁻¹). Calculado pela divisão de um ciclo da marcha pela duração total da passada em segundos.

5.3.4 Programa de exercícios

Os programas de treinamento de hidroginástica e de força estão descritos no Capítulo 3 (item 3.3.4).

5.3.5 Tratamento estatístico

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para confirmar a normalidade dos dados. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados (transformação logarítmica) e novamente testados, depois de confirmada a distribuição normal, um número de análises de variância (ANOVA *two-way*) foi aplicado para testar as diferenças entre os grupos experimentais e o grupo controle e a evolução dos parâmetros ao longo das medidas (PRE e PÓS). Para os dados que não apresentaram distribuição normal mesmo após transformação, o teste não paramétrico foi utilizado. Uma análise de variância com um fator (ANOVA *one-way*) foi utilizada para comparar os grupos em relação aos dados iniciais (pré-treinamento). Havendo diferenças, então uma análise de covariância foi utilizada

(ANCOVA) utilizando os dados iniciais como covariadas para comparar os valores pós-teste desconsiderando as diferenças iniciais. Quando diferenças foram encontradas o teste de Tukey foi aplicado para determinar onde estas ocorreram. Os testes estatísticos tiveram nível de significância de $p < 0.05$ e foram aplicados através do software Statística versão 7.0.

5.4 RESULTADOS

Os resultados dos testes funcionais e da análise cinemática da marcha estão detalhados a seguir.

5.4.1 Testes funcionais

Os resultados dos testes funcionais antes do programa de exercícios foram similares entre os grupos ($p > 0,05$). Os resultados iniciais e finais dos testes de levantar e sentar em uma cadeira em 30s do GHG não diferiram ($p > 0,05$). Foram observadas alterações nos resultados do teste de sentar e alcançar (flexibilidade) após o período de treinamento para o GHG ($p < 0,001$). Não houve alterações na flexibilidade no GTF e GC após o treinamento ($p > 0,05$). O GHG reduziu o tempo do TUGT ($p = 0,009$), enquanto que os resultados do GTF e GC não se alteraram ($p > 0,05$). Os resultados do teste de caminhada de 6 minutos mostraram aumentos na distância percorrida pelo GHG após o treinamento ($p = 0,01$). Não foram observadas alterações nos resultados do GTF e GC ($p > 0,05$). A Figura 5.2 apresenta os resultados dos testes funcionais.

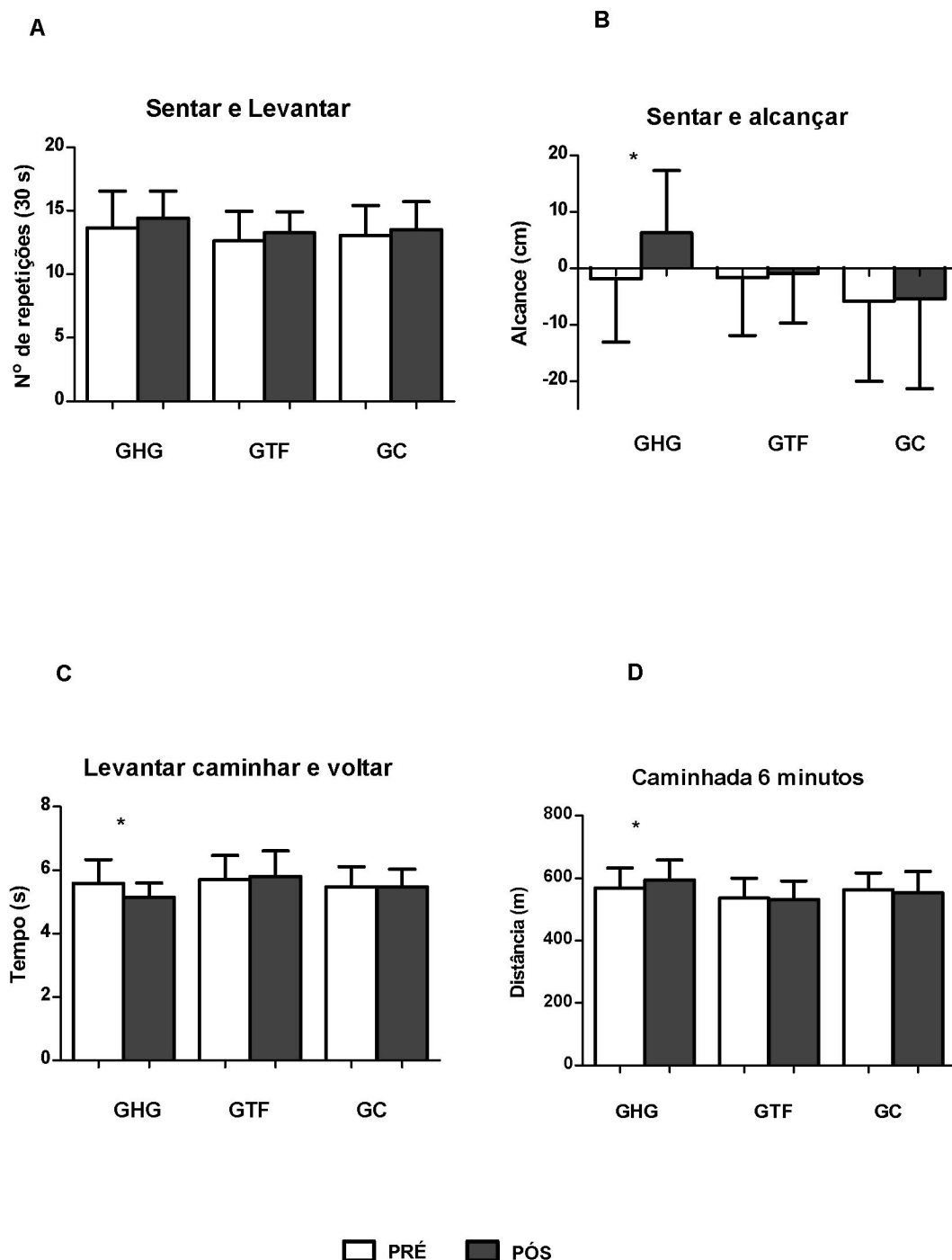


FIGURA 5.2 – VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DOS TESTES FUNCIONAIS DE SENTAR E LEVANTAR DA CADEIRA (A), SENTAR E ALCANÇAR (B), LEVANTAR CAMINHAR E VOLTAR (C) E DO TESTE DE CAMINHADA DE 6 MINUTOS (D) PARA OS GRUPOS DE HIDROGINÁSTICA (GHG), FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC) PRÉ E PÓS-TREINO. *DIFERENÇAS ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE ($P < 0,05$). NÃO HOUVE DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ-TESTE ($P > 0,05$).

5.4.2 Análise de parâmetros espaço-temporais da marcha

Os resultados das variáveis cinemáticas espaciais lineares foram similares entre os grupos no período pré-testes ($p < 0,05$), exceto para a elevação do pé (EP) na qual o GTF apresentou valores iniciais menores do que o GHG e GC ($p < 0,05$). Na tabela 5.1 são apresentados os resultados antes (pre) e após (pos) dos grupos GHG, GTF e GC. Não foram encontradas diferenças significativas para nenhuma das variáveis testadas ($p > 0,05$).

TABELA 5.1 – VARIÁVEIS ESPACIAIS LINEARES DA MARCHA (MÉDIAS \pm DESVIO PADRÃO), ANTES (PRÉ) E APÓS (PÓS) O PERÍODO DE TREINAMENTO DO GRUPO DE HIDROGINÁSTICA (GHG), DE TREINAMENTO DE FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC).

VARIÁVEL	GHG (n=20)		GTF (n=16)		GC (n=16)		P
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	
VM	1,03 $\pm 0,1$	1,10 $\pm 0,11$	1,11 $\pm 0,18$	1,11 $\pm 0,18$	1,08 $\pm 0,14$	1,04 $\pm 0,23$	0,13
CP	1,13 $\pm 0,1$	1,16 $\pm 0,11$	1,17 $\pm 0,14$	1,16 $\pm 0,13$	1,14 $\pm 0,09$	1,07 $\pm 0,21$	0,12
VCC	0,68 $\pm 0,2$	0,70 $\pm 0,33$	0,84 $\pm 0,32$	0,76 $\pm 0,28$	0,75 $\pm 0,24$	0,77 $\pm 0,25$	0,58
EP	0,044 $\pm 0,01$	0,042 $\pm 0,01$	0,038 $\pm 0,00$	0,043 $\pm 0,00$	0,041 $\pm 0,01$	0,039 $\pm 0,01$	0,12

VM – velocidade média (m/s); CP- comprimento da passada (m); VCC – velocidade de contato do calcanhar (m/s); AP – altura do passo (m).

Na tabela 5.2 estão apresentados os resultados dos grupos GHG, GTF e GC antes (pré) e após (pós) o treinamento para os parâmetros temporais da marcha. Os grupos não diferiram entre si em relação aos valores iniciais ($p > 0,05$). Os grupos não apresentaram alterações nos parâmetros temporais da marcha após o período de intervenção ($p > 0,05$). No entanto, foi observada uma tendência de redução no tempo de duração da fase de apoio no grupo de hidrogenástica ($p = 0,09$).

TABELA 5.2 – VARIÁVEIS TEMPORAIS DA MARCHA (MÉDIAS \pm DESVIO PADRÃO), ANTES (PRÉ) E APÓS (PÓS) O PERÍODO DE TREINAMENTO DO GRUPO DE HIDROGINÁSTICA (GHG), DE TREINAMENTO DE FORÇA (GTF) E CONTROLE (GC).

VARIÁVEL	GHG (n=20)		GF (n=16)		GC (n=16)		P
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	
TCM	1,10	1,06	1,06	1,05	1,05	1,04	
	$\pm 0,08$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,09$	$\pm 0,08$	$\pm 0,07$	0,32
TFA	0,65	0,61	0,63	0,63	0,64	0,63	
	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	0,09
TFB	0,45	0,45	0,43	0,43	0,42	0,41	
	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	0,72
TFDA	0,10	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10	
	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	0,22
CAD	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
	$\pm 0,07$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,07$	$\pm 0,08$	$\pm 0,07$	0,43

TCM – tempo de duração do ciclo da marcha (s); TFA – tempo de duração da fase de apoio (s); TFB – tempo de duração da fase de balanço (s); TFDA – tempo de duração da fase de duplo apoio; CAD – cadência (passada/segundos). *diferença significativa em relação ao período pré-treinamento ($p < 0,05$).

5.5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito de um treinamento de hidroginástica que combinou o uso de equipamentos resistivos com exercícios realizados em alta velocidade sobre a capacidade funcional e variáveis espaciais e temporais da marcha de idosos. Além disso, os resultados do treinamento de hidroginástica foram comparados aos efeitos derivados de um treinamento de força. O principal achado foi a melhora do desempenho nos testes funcionais que envolveram flexibilidade, agilidade e equilíbrio e a aptidão aeróbia do grupo que praticou hidroginástica. Além disso, o GHG apresentou tendência de redução do tempo de apoio durante um ciclo da marcha. Não houve alteração em nenhuma das variáveis funcionais ou da marcha no GTF e GC.

5.5.1 Funcionalidade

Os valores iniciais nos testes funcionais apresentados pelos sujeitos dos três grupos foram compatíveis com os valores normativos para a idade (Rikly; Jones,

1999b). Desta forma, a melhora do desempenho apresentado pelos participantes do treinamento de hidroginástica pode ser atribuída ao programa de treinamento.

A melhora da flexibilidade encontrada no teste de sentar e alcançar (8,1cm) está em acordo com os resultados encontrados por Alves *et al.* (2004) e Tslorlou *et al.*, (2006) e pode ser atribuída as características dos exercícios propostos, como os chutes frontais e laterais que demandam grande amplitude articular em torno da articulação do quadril. Além disso, algumas características da água como a temperatura ($\sim 29^{\circ}\text{C}$) pode ter reduzido o tônus muscular e facilitado os ganhos de flexibilidade. A força de empuxo e a densidade que permitem ao praticante realizar movimentos mais amplos daqueles que poderiam ocorrer em exercícios fora da água (SKINNER, THOMSON, 1985; BERCKER, 2000; DEVEREUX *et al.*, 2005) e também podem ter influenciado nos resultados.

Houve redução do tempo (8%) necessário para levantar de uma cadeira, caminhar 2,44m, voltar e sentar para o grupo que praticou hidroginástica. Alves *et al.*, 2004, também encontraram melhora do desempenho neste teste (20%), embora seja importante observar que os escores iniciais foram bem mais altos naquele estudo ($7,3\pm 1,5\text{s}$) quando comparados aos valores iniciais do presente estudo ($5,59\pm 0,74\text{s}$). Tsourlou *et al.* (2006) verificaram melhor desempenho no teste de levantar, caminhar, voltar e sentar (-19%), embora tenham aplicado outro tipo de teste com distâncias diferentes (*Timed up and go*). Os resultados apresentados pelo GHG podem ser atribuídos á resistência oferecida pela água que demanda maior torque articular e pela turbulência causada por estes deslocamentos (Douris *et al.*, 2003; Melzer; Elbar; Tsedek; Oddsson, 2008; Bento *et al.*, *in press*). Tais demandas são incrementadas nas atividades que envolvem mudanças de sentido e direção na água, as quais foram incluídas nas rotinas de exercício. Além disso, como a realização deste teste demanda agilidade e equilíbrio dinâmico, velocidade e potência muscular, (RIKLI; JONES, 1999), que podem ter sido estimulados durante a execução dos exercícios que incluíram movimentos rápidos (em velocidade).

O grupo que participou do programa de hidroginástica apresentou aumento para a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos (4,5%). Alves *et al.* (2004), também indicaram melhora no teste, porém com maior efeito (22%). Novamente, o nível inicial dos participantes pode ter influenciado a magnitude dos ganhos daquele estudo. No presente estudo, parte do programa foi composto por

marcha e exercícios que envolveram grandes grupos musculares realizados de forma moderada a intensa (Borg 12-16) o que pode explicar o desempenho no teste de caminhada de 6 minutos.

Não foi constatada melhora no desempenho no teste de levantar e sentar de uma cadeira, o que pode indicar pequena influência sobre a força de membros inferiores. Os resultados conflitam com aqueles apresentados por Alves *et al.*, (2004) no qual o sujeitos aumentaram em média 6,2 repetições após o treinamento. Comparações são relativamente limitadas visto diferenças no nível inicial dos participantes do estudo de Alves *et al.*, (2004), que era mais baixo (8,7 repetições) quando comparados aos participantes do presente estudo (13,6 repetições). A realização do teste de levantar e sentar de uma cadeira depende da capacidade de gerar torque dos extensores do quadril e joelhos. Na água, os músculos extensores do quadril necessitam vencer a força de empuxo quando o corpo é posicionado verticalmente a fim de obter apoio no fundo da piscina e permitir que a marcha estacionária e os deslocamentos sejam executados (BECKER *et al.*, 2009). Por outro lado, os extensores do joelho parecem não ter sido suficientemente estimulados, por possuírem menor resistência ao deslocamento na água, visto que a perna possui menor área de superfície corporal. Parece que mesmo o uso de equipamentos de resistência adicional não tenham sido suficientes para provocar aumentos nesse grupo muscular (Bento *et al.*, *in press*).

Os resultados do programa de hidroginástica confirmam a hipótese H_1 , que propunha melhorias nos testes funcionais em resposta ao treinamento de hidroginástica. Este melhor desempenho parece estar relacionado às estratégias de utilização das propriedades físicas da água para o aumento de sobrecarga dos exercícios.

Não foram encontradas alterações em nenhum dos testes funcionais em resposta ao treinamento de força. Resultados semelhantes foram obtidos por Miszko *et al.* (2003) e Bottaro *et al.* (2007) que treinaram dois grupos. O primeiro grupo realizou treinamento de força convencional (execução lenta na fase concêntrica), enquanto o segundo grupo realizou treinamento com maior velocidade de execução. Similarmente ao presente estudo, o grupo de treinamento de força convencional, não foi capaz de traduzir os aumentos na força muscular em melhorias do desempenho nos testes funcionais. Contrariamente, Kalapotharakos *et al.* (2005), ao

testar dois programas de treinamento de força (moderada vs alta intensidade), verificou que os grupos aumentaram força muscular e o desempenho nos testes funcionais que avaliaram flexibilidade, velocidade da marcha, e tarefas que determinaram o tempo necessário para subir escadas e levantar de uma cadeira. A falta de informações sobre a velocidade de execução dos movimentos não permite determinar se outros parâmetros que influenciam a função contrátil foram influenciados.

A ausência de ganhos encontradas na funcionalidade no presente estudo pode ser explicada pela característica do treinamento (contrações musculares lentas), que apesar de ter aumentado a força muscular, pode ter apresentado pequena influência sobre a capacidade de produzir força rapidamente. Como o desempenho na maioria dos testes funcionais está mais relacionado à capacidade de gerar torques rapidamente, vários estudos compararam o treinamento de força e potência e verificaram que o treinamento de potência resultou em melhora no desempenho dos testes funcionais, o que não foi observado em relação ao treino de força (TSHOPP *et al.*, 2011; MARSCH *et al.*, 2009; HENWOOD *et al.*, 2006; MISKO *et al.* 2003).

Parece não haver transferência do aumento de força obtido pelo treinamento convencional para as ações requeridas nos testes funcionais que por sua vez tentam reproduzir as atividades cotidianas (BARRY, CARSON, 2004). Os resultados destes estudos podem explicar parcialmente as melhorias sobre a capacidade funcional do grupo que praticou hidroginástica quando comparados ao grupo de treinamento de força. As estratégias utilizadas na hidroginástica incluíram ações que demandaram aumento da velocidade de execução dos movimentos. Em estudo prévio (BENTO *et al.*, *in press*) foi demonstrado que treinamento idêntico ao do presente estudo causa aumentos sobre a taxa de desenvolvimento de força, o qual pode ter contribuído para o melhor desempenho nos testes funcionais (HAZELL, *et al.*, 2007). Outro argumento é a similaridade entre as parte das ações realizadas no treinamento de hidroginástica e as atividades funcionais dos testes que visam reproduzir as demandas da vida diária. Logo, os testes parecem ter favorecido a transferência dos ganhos de força para além do contexto do treinamento (BARRY, CARSON, 2004).

Possivelmente, as características do treinamento de força, que envolveu movimentos mais restritos (menos complexos) e com padrão de recrutamento

muscular distinto dos exigidos para a realização das tarefas testadas podem auxiliar a explicar os resultados. Desta forma, a hipótese H₂ de que o grupo de treinamento de força não apresentaria melhora no desempenho nos testes funcionais foi aceita.

5.5.2 Mobilidade (análise cinemática da marcha)

Poucos estudos foram realizados para avaliar os efeitos do treinamento na água no desempenho da marcha, o que dificulta a comparação dos resultados. Alexander, Butcher e MacDonald (2001) avaliaram um conjunto de variáveis cinemáticas (lineares e angulares) após um período de treinamento de hidroginástica. Naquele estudo foram encontradas alteração apenas sobre o comprimento do passo, embora não tenha ocorrido incremento da força muscular.

No presente estudo, as modificações observadas na força dinâmica, no torque e na taxa de desenvolvimento de torque nos membros inferiores não se traduziram em alterações no desempenho da marcha. A velocidade da marcha é modulada pela cadência e pelo comprimento da passada (PRINCE *et al.*, 1997). A consistência nestas variáveis não demandou modificações na velocidade da marcha, que permaneceu relativamente inalterada. Alguns estudos têm demonstrado correlação positiva entre a força de membros inferiores e a velocidade da marcha, principalmente durante a marcha realizada em alta velocidade que requer maiores torques em torno das articulações do quadril, joelho e tornozelos (BOHANNON, 1997; NADEAU; GRAVEL; OLNEY, 2001).

No entanto, a relação entre a velocidade da marcha e a força muscular não é linear (BUCHNER, *et al.* 1996). Em idosos com função muscular preservada, ganhos adicionais de força muscular podem não resultar em alterações no desempenho da marcha (BUCHNER *et al.*, 1996; NADEAU; GRAVEL; OLNEY, 2001). No presente estudo a marcha foi avaliada em velocidade confortável. Nesta condição, menores torques articulares podem ter sido requeridos. Isso pode explicar parcialmente a falta de melhorias sobre o desempenho da marcha (NADEAU; GRAVEL; OLNEY, 2001).

Adicionalmente, a ausência de modificações na velocidade da marcha pode ser explicada pelo desempenho inicial dos participantes, que apresentaram velocidade média de deslocamento acima de 1,0 m.s⁻¹. Estes valores iniciais indicam que os participantes não apresentavam alterações na locomoção, os quais são mais

evidentes em velocidades usuais iguais ou inferiores a $0,85 \text{ m.s}^{-1}$, onde baixos níveis de força muscular são geralmente encontrados e indicam risco aumentado para quedas (MURPHY *et al.*, 2003; IKEZOE *et al.*, 2010).

A velocidade da marcha apresenta relação inversa com a duração das fases de apoio e balanço (Perry, 2005). Portanto, a possibilidade dos participantes em manterem sua velocidade usual não influenciou os tempos das fases de apoio e balanço, embora uma tendência de redução da fase de apoio tenha sido observada no grupo de hidroginástica.

A elevação do pé depende da velocidade da marcha e da força muscular dos flexores de quadril, joelho e tornozelos (PRINCE *et al.*, 1997). No presente estudo embora a força tenha aumentado nestes grupos musculares, a velocidade se manteve estável, fato que pode ter determinado a ausência de modificação na elevação do pé. Em idosos mais frágeis e com histórico de quedas, a velocidade de contato do calcanhar é de aproximadamente $1,15 \text{ m/s}$. No presente estudo, a velocidade de contato do calcanhar das idosas é compatível com os valores de adultos jovens ($0,75$ a $0,85 \text{ m/s}$) o que pode explicar o fato de não ter havido modificações após o período de treinamento (PRINCE *et al.*, 1997).

Outros estudos que avaliaram a mobilidade por intermédio da análise da marcha após um período de treinamento na água e verificaram aumento da velocidade, utilizaram testes cronometrados. Além disso, tais estudos analisaram a marcha em velocidade máxima em diferentes distâncias (curtas e longas) (ALVES *et al.*, 2004; TSLORLOU *et al.*, 2006; KATSURA *et al.*, 2010). No presente estudo, o desempenho nos testes funcionais de mobilidade (seis minutos de caminhada e 8foot-up-and-go) também melhorou após o treinamento na água. A marcha realizada em velocidade confortável talvez não seja uma tarefa suficientemente desafiadora e que demande ajustes que possam identificar a influência da melhoria da função muscular. De fato, a transferência dos ganhos de força, no torque e na taxa de desenvolvimento de torque tem sido associada às tarefas funcionais de maior demanda física (BARRY, CARSON, 2004).

Desta forma, a hipótese H₃ de que o treinamento de hidroginástica produziria estímulos capazes de alterar características lineares e temporais da marcha foi rejeitada.

A ausência de alterações para as variáveis lineares e temporais da marcha após o treinamento de força verificada no presente estudo contrasta com os resultados de Persch *et al.* (2009). Naquele estudo foi verificado aumento da velocidade usual, do comprimento da passada, da cadência e da elevação do pé durante a fase de balanço após doze semanas de treinamento de força de alta intensidade, que são características associadas ao risco de quedas em idosos. É importante destacar os níveis iniciais de força dos sujeitos no estudo de Persch *et al.* (2009) foi menor (-30%) em relação ao presente estudo e a magnitude dos ganhos obtidos com o treinamento, foram maiores e podem explicar parcialmente a discordância dos resultados.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Buchner *et al.* (1997) que não encontraram alterações na marcha após treinamento de força. A baixa demanda da marcha em velocidade usual foi uma explicação apontada pelos autores do estudo como uma possível explicação para os resultados observados (NADEAU; GRAVEL; OLNEY, 2001). Adicionalmente, a velocidade média da marcha dos participantes do grupo de treinamento de força antes do início do treinamento ($> 1,0 \text{ m.s}^{-1}$) pode igualmente ter contribuído para ausência de modificações após o treinamento (ZEN-BO *et al.*, 2007).

Outra possível explicação é a característica do programa de exercícios de força, destinado ao treinamento de grupos musculares isolados e desta forma não estimulou a coordenação intermuscular necessária para a marcha (BARRY; CARSON, 2004). A tarefa de andar exige a coordenação entre os diferentes grupos musculares para exercer as funções de frenagem, absorção dos choques e para acelerar os segmentos corporais (VIEL, 2001). O treinamento de força isoladamente parece não oferecer os estímulos necessários para a execução de uma tarefa que parece depender mais da coordenação muscular do que efetivamente da capacidade de gerar grandes torques articulares. Logo, a hipótese H_4 de que o programa de treinamento de força muscular resultaria em melhora no padrão da marcha foi rejeitada.

5.6 CONCLUSÕES

O programa de hidroginástica se mostrou mais efetivo do que o treinamento de força para causar melhorias sobre a funcionalidade. As características do treinamento de hidroginástica propiciaram ganhos importantes sobre a velocidade de execução dos movimentos. Provavelmente, a similaridade das tarefas realizadas durante o treinamento com aquelas demandadas nos testes empregados para determinar a funcionalidade podem ter favorecido as adaptações verificadas após o treinamento.

O treinamento de força de forma isolada não demonstrou ter sido um estímulo suficiente para causar melhoria da funcionalidade em idosas. O tipo de exigência das tarefas funcionais parece depender mais da velocidade de contração muscular e da similaridade entre as ações realizadas no treinamento com as atividades do dia a dia do que simplesmente da função contrátil de produzir elevados torques articulares.

Os programas de treinamento de hidroginástica e de força não causaram alterações na marcha em velocidade usual, apesar de terem resultado em aumento da força muscular. A magnitude dos torques articulares necessários para caminhar em velocidade usual não é elevada e, portanto pode não depender dos aumentos de força obtidos pelo treinamento.

A hidroginástica mostrou-se uma modalidade efetiva para a melhora da funcionalidade de idosas. As adaptações verificadas decorreram da combinação de exercícios de força muscular, exercícios aeróbios e equilíbrio dinâmico. Os resultados indicam que um programa de treinamento que envolve várias modalidades de exercícios tem maior impacto na funcionalidade quando comparado ao treinamento exclusivamente de força muscular. Além disso, a estratégia de combinar exercícios aquáticos realizados com velocidade e a utilização de equipamentos resistivos parece ter sido fundamental para a melhoria da função muscular e conseqüentemente da funcionalidade.

6. CONCLUSÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo geral determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular, funcionalidade e equilíbrio de idosas. Além disso, os efeitos derivados do programa de hidroginástica foram comparados aos efeitos de um programa de treinamento de força muscular. Os objetivos específicos do estudo encontram-se descritos no capítulo 2 (item 2.1.1) e compreenderam:

- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a função muscular (força dinâmica, pico e a taxa de desenvolvimento de torque) de idosas e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.
- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica no equilíbrio postural de idosos e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.
- Determinar os efeitos de um programa de hidroginástica sobre a funcionalidade e mobilidade de idosos e compará-los aos efeitos derivados de um programa de treinamento de força muscular.

Os grupos experimentais participaram de doze semanas de um programa treinamento de hidroginástica ou de treinamento resistido para força muscular. A força muscular dinâmica (1RM) de membros inferiores aumentou em resposta ao treinamento e não diferiu entre os grupos. A melhora observada na força muscular dinâmica do grupo de hidroginástica foi atribuída às estratégias utilizadas para aumentar a demanda dos exercícios no meio líquido. O uso de equipamentos resistivos para aumento da área de superfície corporal combinado com a velocidade de execução dos exercícios proporcionou resistência ao movimento e aumento da demanda muscular. Desta forma, a hidroginástica constitui uma alternativa de treinamento para a melhora da força muscular dinâmica. Os resultados do presente estudo apontam para ganhos comparáveis a aqueles tradicionalmente obtidos com o treinamento resistido (musculação).

O torque isométrico máximo aumentou nos dois grupos experimentais. No entanto, este aumento ocorreu em diferentes articulações. As ações motoras realizadas durante o treinamento podem justificar tais diferenças. Os movimentos de extensão do quadril sofrem oposição conjunta da força de arrasto e da flutuação, visto que são realizados em direção oposta a força de empuxo. Os músculos plantiflexores, por sua vez, são estimulados tanto para a propulsão necessária nos diversos deslocamentos realizados quanto para a manutenção da estabilidade corporal nos exercícios em apoio unipodal. No grupo de força o aumento do pico de torque ocorreu apenas nos flexores do joelho, os quais são geralmente fracos em idosos e sedentários.

Os aumentos encontrados na taxa de desenvolvimento de torque dos extensores do quadril após o treinamento de hidroginástica pode ser explicada pelas características físicas da água e pela velocidade de execução dos movimentos. As forças de empuxo que atuam favorecendo a realização de movimentos na direção da superfície d'água e os movimentos rápidos necessários para a retomada do contato com o fundo da piscina parecem ter sido estímulos suficientes para melhorar a capacidade dos idosos gerarem torque rapidamente. Além disso, a necessidade de produzir torque rapidamente durante o deslocamento do corpo durante a marcha também pode ter contribuído para tais ganhos. No grupo submetido ao treinamento de força, não foram observadas alterações sobre a taxa de desenvolvimento de torque para nenhum dos grupos musculares exercitados. Esses resultados podem ser atribuídos ao padrão relativamente lento de movimento que não constituem estímulos específicos para prover ganhos importantes sobre a capacidade de produzir torque rapidamente.

Para atingir o segundo objetivo do estudo, os efeitos dos dois programas de treinamento sobre o equilíbrio na posição ereta não perturbada e no equilíbrio dinâmico foram determinados e seus resultados comparados.

Não foram encontradas alterações na oscilação corporal das idosas que participaram do programa de treinamento de hidroginástica. Não houve redução da oscilação corporal na posição ereta sem perturbação, mesmo nas condições de restrição das informações sensoriais (restrição visual) ou quando o equilíbrio foi testado com base de suporte reduzida (*tandem*). A perturbação constante da água causada pela turbulência e a redução de peso corporal a ser sustentado em função

do empuxo não constituíram estímulo capaz de alterar o equilíbrio estático (não perturbado). Não foram observadas reduções na oscilação corporal no grupo de treinamento de força. A falta de especificidade do treinamento de força sobre a demanda do equilíbrio sem perturbação pode explicar a ausência de alterações. Futuros estudos que utilizem testes que envolvam tarefas com maior grau de exigência para o sistema de controle postural, (testes de equilíbrio com perturbação, por exemplo) que permitam melhor identificação das possíveis adaptações ocasionadas pelo treinamento devem ser realizados.

Por outro lado, a proximidade das ações realizadas no treinamento de hidroginástica (deslocamentos variados e execução dos movimentos com velocidade) em relação às demandas de reposicionamento do centro de massa na condição do treinamento dinâmico podem explicar os ganhos observados no teste de equilíbrio dinâmico. A elevada demanda que ocorre nos músculos do tronco e segmentos para estabilizar o corpo e manter o alinhamento postural em resposta às perturbações geradas pela turbulência da água depende de movimentos rápidos. Tal demanda também pode ter estimulado os músculos dorsiflexores e plantiflexores que atuam na correção da posição corporal nos deslocamento do centro de massa do corpo nas direções. Além disso, é nessa articulação que ocorre maiores ajustes com a superfície de apoio.

A baixa especificidade dos estímulos envolvidos no treinamento de força em relação às ações necessárias para manter o equilíbrio dinâmico pode explicar a ausência de modificações no grupo que treinou força.

Para atingir o terceiro objetivo os efeitos dos dois programas de treinamento na funcionalidade e mobilidade foram determinados e comparados.

O grupo de hidroginástica melhorou nos testes de flexibilidade, caminhada de seis minutos e no teste de equilíbrio dinâmico após o treinamento. Os resultados do teste de sentar e levantar de uma cadeira não foi alterado em resposta ao treinamento. As propriedades físicas da água e as estratégias utilizadas para aumento da resistência podem explicar parte das alterações observadas. A composição do programa de exercícios de hidroginástica demanda múltiplas funções e podem ter constituído em estímulos mais adequado para aprimorar a funcionalidade. Além disso, a similaridade entre as atividades realizadas e as tarefas funcionais pode ter contribuído para os melhores resultados do grupo exercitado na

água. Por outro lado, o grupo que treinou força não mostrou incrementos sobre a funcionalidade. O desempenho nos testes funcionais é mais responsivo à capacidade de gerar força rapidamente do que da capacidade máxima de produção de força, o que pode explicar os benefícios encontrados no grupo submetido ao treinamento de hidroginástica. Parece não haver transferência dos ganhos obtidos na expressão da força muscular máxima quando exercícios restritos são aplicados para melhorias no desempenho de tarefas relativamente complexas que demandam coordenação intermuscular. Os grupos experimentais não apresentaram alterações sobre o padrão da marcha. A demanda imposta pela tarefa de caminhar em velocidade usual em idosos sem problema de mobilidade é relativamente baixa. Logo, os benefícios do treinamento sobre a função contrátil (ganhos de força) podem não ser detectáveis visto que essa tarefa pode ser desempenhada mesmo em sujeitos com pequena capacidade de produzir elevado torque muscular. Novos estudos devem ser realizados com idosos que apresentem comprometimento no desempenho funcional decorrentes do processo de envelhecimento (escores abaixo dos valores normativos para idade).

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P., MAGNUSSON, P., LARSSON, B., KJAER, M., KRUSTRUP, P. Mechanical muscle function, morphology, and fiber type in lifelong trained elderly. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, 39, 11, 1989-1996, 2007.
- AAGAARD, P., SIMONSEN, E. B., ANDERSEN, J. L., MAGNUSSON, P., DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, 93, 1318-1326, 2002.
- ALEXANDER, M. J. L., BUTCHER, J. E., MACDONALD, P. B. Effect of a water exercise program on walking gait, flexibility, strength, self-reported disability and other psycho-social measures of older individuals with arthritis. **Physioterapy Canada**, 2001.
- ALVES, L. C., LEIMANN, B. C. Q., VASCONCELOS, M. E. L., CARVALHO, M. S., VASCONCELOS, A. G. G., FONSECA, T. C. O., LEBRÃO, M. L., LAURENTI, R. A influência das doenças crônicas na capacidade funcional dos idosos do município de São Paulo, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, 23,8, 1924-1930, 2007.
- ALVES, R. V., MOTA, J., COSTA, M. C., ALVES, J. G. B. Aptidão física relacionada à saúde de idosos: influência da hidroginástica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 10, 1, 31-37, 2004.
- AMBROSINI, A. B., BRENTANO, M. A., COERTJENS, M., FERNANDO, L., KRUEL, M. The Effects of Strength Training in Hydrogymnastics for Middle-Age Women. **International Journal**, 153-162, 2010.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). **ACSM'S Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 8th ed., 2009.
- ANDERSEN, L. L., AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. **European Journal of Applied Physiology**, 96, 46-52, 2006.
- BALLARD, J. E., McFARLAND, C., WALLACE, L. S., HOLIDAY, D. B., ROBERSON, G. The effect of 15 weeks of exercise on balance, strength, and reduction in falls in 40 women aged to 89 years. *Journal of the American Medical Women's Association*, 50, 4, 255-261.
- BARAK, Y., WAGENAAR, R. C., HOLT, K. G. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach. **Physical Therapy**, v. 86, n. 11, p. 1501-1510, 2006.

BARELA, J. A. Estratégias de controle em movimentos complexos: Ciclo percepção-ação no controle postural. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, suplemento 3, 79-88, 2000.

BARRY, B. K., CARSON, R. G. The consequences of resistance training for movement control in older adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 59A, 7, 730-754, 2004.

BAUM, G. **Aquaerobica, manual de treinamento**. Ed. Manole, SP, 2000.

BECKER, B. E. Aquatic Therapy: Scientific foundations and clinical rehabilitation applications. **American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.1, p. 859-872, 2009.

BENEDETTI, T. B., MAZO, G. Z., BARROS, M. V. G. Application of the international physical activity questionnaire (IPAQ) for evaluation of elderly women: concurrent validity and test-retest reproducibility. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n.1, 25-34, 2004.

BENTO, P. C. B., PEREIRA, G., UGRINOWITSCH, C., RODACKI, A. L. F. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clinical Biomechanics**, 25, 450-454, 2010.

BENTO, P. C. B., PEREIRA, G., UGRINOWITSCH, C., RODACKI, A. L. F. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of elderly subjects. **Journal of Aging and Physical Activity**, *in press*.

BOHANNON, R. W. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. **Age and Ageing**, 26, 15-19, 1997.

BOTTARO, M., MACHADO, S. N., NOGUEIRA, W., SCALES, R., VELOSO, J. Effect of higher versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. **European Journal of Applied Physiology**, 99, 257-264, 2007.

BRANDON, L. J., BOYETTE, L. W., LLOYD, A., GAASH, D. A. Resistive training and long-term function in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 11, 10-28, 2004.

BROWN, L. E., WEIR, J. P. Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4 (3), p. 1-21, 2001.

BRUER, S. G., BURNS, Y. R., GALLEY, P. A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 55A, 8, 469-476, 2000.

BUCHNER, D. M., CRESS, M. E., LATEUR, B. J., ESSELMAN, P. C., MARGHERITA, A. J., PRICE, R., WAGNER, E. H. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-

living older adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 52A, 4, 218-224, 1997.

BUCHNER, D. M., LARSON, E. B., WAGNER, E. H., KOEPESELL, T. D., LATEUR, B. J. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. **Age and Ageing**, 25, 386-391, 1996.

BUGNARIU, N.; FUNG, J. Aging and selective sensorimotor strategies in the regulation of upright balance. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 4: p. 19, 2007.

BURDET, C., ROUGIER, P. Analysis of center-of-pressure data during unipedal and bipedal standing using fractional Brownian motion modeling. **Journal of Applied Biomechanics**, 23, 1, 63-69, 2007.

BUTLER, E.E.; DRUZIN, M.; SULLIVAN, E. V. **Gait adaptations in adulthood: Pregnancy, aging, and alcoholism**. In: ROSE, J.; GAMBLE, J. G. *Human Walking*, 3^a Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2006, cap. 8, p. 131-147.

ANDOW, D. G., CHILIBECK, P. D. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, 60A, n.2, p. 148-156, 2005.

CANDOW, D. G., CHILIBECK, P. D. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, 60A, n.2, p. 148-156, 2005.

CHIBA, H., EBIHARA, S., TOMITA, N., SASAKI, H., BUTLER, J. P. Differential gait kinematics between fallers and non-fallers in community-dwelling elderly people. **Geriatrics and Gerontology International**, v. 5, p. 127-134, 2005.

CLARK, B. C., MANINI, T. M. Sarcopenia, dynapenia. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 63 A, 8, 829-834, 2008.

CLARK, C. B., MANINI, T. M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v.13, p. 271-276, 2010.

COWLEY, A., KERR, K. A review of clinical balance tool for use with elderly populations. **Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine**, 15, 3 e 4, 167-205, 2003.

CROWINSHIELD, R. D., BRAND, R. A., JOHNSTON, R. C. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 132, p. 140-144, 1978.

CYARTO, E.V., BROWN, W. J., MARSHALL, A. L. Retention, adherence and compliance: Important considerations for home- and group-based resistance training programs for older adults. **Journal of Science and Medicine In Sport**, 9, 402-412, 2006.

DAUBNEY, M. E., CULHAM, E. G. Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. **Physical Therapy**, 79, 12, 1177-1185, 1999.

DELBONO, O. Neural control of aging skeletal muscle. **Aging Cell**, 2, 21-19, 2003.

DELMONICO, M. J., HARRIS, T. B., VISSER, M., PARK, W. S., CONROY, M. B., VELASQUEZ-MIEYER, P., BOURDREAU, R., MANINI, T. M., NEVITT, M., NEWMAN, A. B., GOODPASTER, B. H. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p.1579-1585, 2009.

DEVEREUX, K.; ROBERTSON, D.; BRIFFA, K. Effects of a water-based program on women 65 years and over: A randomized controlled trial. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 51, p. 102-108, 2005.

DIBREZZO, R., SHADDEN, B. B., RAYBON, B. H., POWERS, M. Exercise intervention design to improve strength and dynamic balance among community-dwelling older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 13, 198-109, 2005.

DOURIS, P. *et al.* The effect of land and aquatic exercise on balance scores in older adults. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 26, n. 1, p. 3-5, 2003.

DU PASQUIER, R. A.; BLANC, Y.; SINNREICH, M.; LANDIS, T.; BUCKARD, P.; VINGERHOETS, F. J. G. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. **Neurophysiology Clinique**, v. 33, p. 213-218, 2003.

DUARTE e FREITAS (2010) - Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, 14,3,183-192.

DUNN, B., HAGEN, B., FU, Y., LI, X., YUAN, J. SHAN, G. Impact of exercise on seniors' motor control response to external dynamics. **Research In Sports Medicine**, 16, 39-55, 2008.

ERA, P., SAINIO, P., KOSKINEN, S., HAAVISTO, P., VAARA, M., AROMAA, A. Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. **Gerontology**, 52, 205-213, 2006.

FERRI, A., SCAGLIONI, G., POUSSON, M., CAPODAGLIO, P., VAN HOECKE, J., NARICI, M. V. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. **Acta Physiologica Scandinavica, Stockholm**, v.177, n.1, p. 69-78, 2003.

FIATARONE, M. A., MARKS, E. C., RYAN, N. D., MEREDITH, C. N., LIPSITZ, L. A., EVANS, W. J. High-intensity strength training in nonagenarians: Effects on skeletal muscle. *Journal of America Medical Association*, 22, 263, 3029-3034.

FOLDVARI, M., CLARK, M., LAVIOLETTE, L. C., BERNSTEIN, M. A., KALITON, D., CATANEDA, C., PU, C. T., HAUSDORFF, R. A., FIELDING, R. A., SINGH, M. A. F. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 55, 4, 192-9, 2000.

FREITAS, JR. P.; BARELA, J. A. Alterações no funcionamento do sistema de controle de controle postural de idosos. Uso da informação visual. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, v. 6, n. 1, p. 94-105, 2006.

FREITAS, S. M. S. D.; DUARTE, M. **Métodos de análise de controle postural**. Laboratório de Biofísica da Universidade de São Paulo. (in press). 2005.

FRONTERA, W. R. Aging Muscle. **Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine**, 18, 1, 63-94, 2006.

FRONTERA, W. R., MEREDITH, C. N., O'REILLY, K. P. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. **American physiological society**, p. 1038-1044, 1988.

FRONTERA, W. R.; HUGHES, V. A.; FIELDING, R. A.; FIATARONE, A.; EVANS, J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 1321-1326, 2000.

FRONTERA, W. R.; HUGHES, V. A.; FIELDING, R. A.; FIATARONE, A.; EVANS, J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 1321-1326, 2000.

GEIGE, P. R., GOULD, M., L., HUNT, H., C. Aquatic physical therapy for balance: The interaction of somatosensory and hydrodynamic principles. **The Journal of Aquatic Physical Therapy**, 5, 1, 4-10, 1997.

GILL, J.; ALLUM, H. J.; CARPENTER, M. G.; HELD-ZIOLKOWSKA, ADKIN, A. L.; HONEGGER, F.; PIERCHALA, K. Trunk sway measure of postural stability during clinical balance tests: Effects of Age. **Journal of Gerontology**, v. 7, p. 438-447, 2001.

GODPASTER, B. H., PARK, S. W., HARRIS, B. T. KRITCHEVSKY, S. B., NEVITT, M., SCHWARTZ, A. V., SIMONSICK, E. M., TYLAVSKY, F. A., VISSER M., NEWMAN, A. B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 61A, n.10, p. 1059-1064, 2006.

GOMES, G. C. **Tradução, adaptação transcultural e exame das propriedades de medida a Escala "Performance - Oriented Mobility Assessment" (POMA) para uma amostra de idosos institucionalizados**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

GRENN J.H., CABLE N.T., ELMS., B. Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 30, n. 1, p. 49-52, 1990.

GURAINIK, J.M., FRIED, L. P., SALIVE, M. E. Disability as a public health outcome in the aging population. *Annual Review of Public Health*, 17, 25-46, 1996.

GURALNIK, J. M., FERUCCI, L., PIEPER, C. F., LEVEILLE, S. G., MARKIDES, K. S., OSTIR, G. V., STUDENSKI, S., BERKMAN, L. F., WALLACE, R. B. Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 55^a, 4, 221-231, 2000.

GUSI, N., TOMAS-CARUS, P., HÄKKINEN, A., HÄKKINEN, K., ORTEGA-ALONSO, A. Exercise in waist-high warm water decreases pain and improve health-related quality of life and strength in the lower extremities in women with fibromyalgia. **Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research)**, v. 55, n. 1, p. 66-73, 2006.

HAGEMAN, P. A., BLANKE, D. J. Comparison of gait of young women and elderly women. **Physical Therapy**, v. 66, n. 9, p. 1382-1387, 1986.

HÄKKINEN, K., NEWTON, R. U., GORDON, S. E., McCORMICK, M., VOLEK, J. S., NINDL, C., GOTSHALK, L. A., CAMPBELL, W. W., EVANS, W. J., HÄKKINEN, A., HUMPHRIES, B. J., KRAEMER, W. J. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 53 A, 6, 415-423, 1998.

HÄKKINEN, K., PAKARINEN, A., KRAEMER, W., J. HÄKKINEN, A., VALKEINEN, H., ALEN, M. Seletive muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 569-580, 2001.

HAUER, K., ROST, B., RÜTSCHLE, K., OPITZ, H., SPECHT, N. BÄRTSCH, P., OSTER, P., SCHLIERF, G. Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with history of injurious falls. **Journal of American Geriatric Society**, v. 49, p. 10-20, 2001.

HAZELL, T., KENNO, K., JAKOBI, J. Functional benefit of power training for older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 15, 349-359, 2007.

HENWOOD, T. R., TAAFE, D. R. Short term resistance training and the older adult: the effect of varied programmes for the enhacement of muscle strength and functional performance. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, 26, 305-313, 2006.

HENWOOD, T. R., RIEK, S., TAAFE, D. R. Strength versus power-specific resistance training in community-dwelling older adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 63, 1, 83-91, 2008.

HILL, K.; SCHWARZ, J. Assessment and management of falls in older people. **International Medicine Journal**, v. 34, p. 557-564, 2004.

HORAK, F. B., SHUPERT, C. L., MIRKA, A. Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. **Neurobiology of Aging**, 10, 727-738, 1989.

HORAK, F. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about the neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, v. 35-S2, p. 7-11, 2006.

HORAK, F.B.; MACPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium, In: ROWELL, L.B.; SHERPHERD, J.T. (Ed.) **Handbook of physiology**: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts. New York: Oxford American Physiological Society, 1996, 255-92.

HORTOBAGY, T., MIZELLLE, C., BEAM, S., DE VITA, P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 58 A, n. 5, p. 453-460, 2003.

HORTOBÁGYI, T., TUNNEL, D., MOODY, J., BEAM, S., De VITA, P. Low – or high – intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *Journal of gerontology: Biological Sciences*, v.56, n.1, p. B38-B47, 2001.

HOWE, T. E.; ROCHESTER, L.; JACKSON, A.; BANKS, P. M. H.; BLAIR, V. A. Exercise for improving balance in older people (review). **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 4, 1-195, 2007.

HUGES, V. A., FRONTERA, W. R., WOOD, M., EVANS, W. J., DALLAL, G. E., ROUBENOFF, R., SINGH, M. A. F. Longitudinal muscle strength changes in older adults influence of muscle mass, physical activity and health. *J. Gerontology biological sciences*, 56A,5, B209 – B217, 2001.

HUNTER, G. R., McCARTHY, J. P., BAMMAN, M. M. Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, 34, 5, 329-348, 2004.

IKEZOE, T., MORI, N., NAKAMURA, M., ICHIHASHI, N. Atrophy of the lower limbs in elderly women: is it related to walking ability. **European Journal of Applied Physiology**, 111, 6, 989-995, 2010.

IZQUIERDO, M., IBAÑEZ, J., GOROSTIAGA, E., GARRUES, M., ZÚNIGA, A., ANTÓN, A., LARRIÓN, J. L., HÄKKINEN, K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. **Acta physiologica Scandinavica**, 167,1, 57-68, 1999.

JUDGE, O. J., LINDSEY, C., UNDERWOOD, M., WINSELUS, D. Balance improvements in older women: Effects of exercise training. **Physical Therapy**, 73, 4, 254-262, 1993.

KALAPOTAHRAKOS, V. I.; MICHALOPOULOS, M.; TOKMAKIDIS, S. P.; GODOLIAS, G.; GOURGOULIS, V. Effects of a heavy and moderate resistance training on functional performance in older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 3, p. 652-657, 2005.

KANG, H. G., DINGWELL, J. B. Separating effects of age and walking speed on gait variability. **Gait and Posture**, v. 27, p. 572-577, 2008.

KATSURA, Y., YOSHIKAWA, T., UEDA, SY., USUI, T., SOTOBAYASHI, D., NAKAO, H., SAKAMOTO, H., OKUMOTO, T., FUFIMOTO, S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. **European Journal of Physiology**, v. 108, p. 957-964, 2010.

KAUFMAN, R. K.; SUTHERLAND, D. H. Kinematics of normal human walking. In: ROSE, J.; GAMBLE, J. G. **Human Walking**, 3^a Ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2006, cap. 3, p. 33-51.

KENT-BRAUN, J. A., NG, A. V., YOUNG, K. Skeletal muscle contractile and non contractile components in young and older women and men. **Journal of Applied Physiology**, 88, 2, 662-668.

KERRIGAN, D.C., LEE L. W., COLLINS J. J. Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 82, 26–30, 2001.

KLASS, M., BAUDRY, S., DUCHATEAU, J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. **Journal of applied physiology**, 104, 3, 739-46, 2008.

KUBO, K., KANEHISA, H., AZUMA, K., ISHIZU, M., KUNO. S. Y., OKADA, M. Muscle Architectural characteristics in Young and elderly men and women. **International Journal of Sports and Medicine**, 24, 125-130, 2003.

LATHAM, N. K., BENNET, D. A., STRETTON, C. M., ANDERSON, C. S. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 59 A, 1, 48-61, 2004.

LAUGHTON, C. A., SLAVIN, M., KATDARE, K., NOLAN, L., BEAN, J., KERRIGAN, D. C., PHILLIPS, E., LIPSITZ, L. A., COLLINS, J. L. Aging muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait and posture**, 18, 101-108, 2003.

LAURETANI, F., RUSSO, C. R., BANDINELLI, S., BARTALI, B., CAVAZZINI, C., Di IORIO, A., CORSI, A. M., RANTANEN, T., GURALNIK, J. M., FERRUCCI, L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. **Journal of Applied Physiology**, 95, 1851-1860, 2003.

LEXELL, J. Evidence for Nervous System Degeneration With Advancing Age. **Journal of Nutrition**, 127, 5, 1011S-1013S, 1997.

LEXELL, J. Strength training and muscle hypertrophy in older men and women. **Top Geriatric Rehabilitation**, v. 15, p.41-46, 2000.

LEXELL, J.; TAYLOR, C. C. Variability in muscle fibre areas in whole human quadriceps muscle: effects of increasing age. **Journal of Anatomy**, v. 174, p. 239-249, 1991.

LI, F., HARMER, P., FISHER, K, J., McAULEY, E., CHAUMENTON, N., ECKSTROM, E., WILSON, N. L. Tai Chi and fall reductions in older adults: A randomized controlled trial. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 60 A, n.2, 187-194, 2005.

LIN, S., WOOLACOTT, M. Association between sensorimotor function and functional and reactive balance control in the elderly. **Age and Ageing**, 34, 358-363, 2005.

LOMBARDI, V. P. Beginning weight training: The safe and effective way. Dubuque. IA: W. C. BROWN, 1989.

LOMBARDI, V.P. Beginning weight training: The safe and effective way. Dubuque, IA: W.C. Brown, 1989.

MACALUSO A, DE VITO G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. **European journal of applied physiology**, 91,4, 450-72, 2004.

MADEMLI, L., ARAMPATZIS, A., KARAMANIDIS, K. Dynamics stability control in forward falls: postural corrections after muscle in young and older adults. **European journal of applied physiology**, 103, 295-306, 2008.

MAKI, B. E., McILROY, W. E. Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention. *Age and Ageing*, 35-S2, 2-8, 2006.

MAKI, B. E., MCILROY, W. E. Postural control in the older adult. **Clinics in Geriatrics Medicine**, Philadelphia, 12, 4. 653-658, 1996.

MARSH, A. P., MILLER, M. E., REJESKI, W. J., HUTTON, S. L., KRITCHEVSKY. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 17, 416-443, 2009.

MASUD, T.; MORRIS, O. R. Epidemiology of falls. **Age and Ageing**, v. 30, p. S4: 3-7, 2001.

MASUMOTO, K., SHONO, T., TAKASUGI, S.-ICHIRO, HOTTA, N., FUJISHIMA, K., & IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, v. 17, n.5, p. 596-604, 2007.

MASUMOTO, K., SHONO, T., TAKASUGI, S.-ICHIRO, HOTTA, N., FUJISHIMA, K., IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. **Journal of electromyography and kinesiology** : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 17(5), 596-604, 2007.

MASUMOTO, K., TAKASUGI, S., HOTTA, N., FUJISHIMA, K. & IWAMOTO Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, v. 23, p. 119–27, 2004.

MBOUROU, G. A., LAJOIE, Y., TEASDALE, N. Step length variability at gait initiation in elderly fallers and non-fallers, and Young adults. **Gerontology**, v. 49, p. 21-26, 2003.

MELZER, I.; BENJUYA, N.; KAPLANSKI, J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non fallers. **Age and Ageing**, v. 33, p. 602-607, 2004.

MELZER, I.; ELBAR, O.; TSEDEK, I.; ODDSSON, L. I. A water-based program that include perturbation exercises to improve stepping responses inn older adults: study protocol for a randomized controlled cross-over trial. **BMC Geriatrics**, v. 8, p. 19, 2008.

MENZ, H. B., LORD, S. R., FITZPATRICK, R. C. Age-related difference in walking stability. **Age and Ageing**, v. 32, p. 137-142, 2003.

MISIC, M. M., ROSENGREN, K. S., WOODS, J. A., EVANS, E. M. Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. **Gerontology**, 53, 260-266, 2007.

MISZKO, T. A., CRESS, M. E., SLADE, J. M., COVEY, C. J., AGRAWAL, S. K., DOERR, C. E. Effect of strength and Power training on physical function in community-dwelling older people. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 58A, 2, 171-175, 2003.

MIYAMOTO S.T., LOMBARDI J., BERG K.O., RAMOS L.R., NATOUR J. Brazilian version of the Berg balance scale. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 37, 1411-1421, 2004.

MIYOSHI, T., TAKASHI, S., YAMAMOTO, S., NAKAZAWA, K., AKAI, M. Functional roles of lower limb joint moments while walking in water. *Clinical Biomechanics*, v. 20, p. 194-201, 2005.

MURPHY, M. A., OLSON, S. L., PROTAS, E. J., OVERBY, A. R. Screening for falls in community-dwelling elderly. **Journal of Aging and Physical Activity**, 11, 64–78, 2003.

NADEAU, S., GRAVEL, D., OLNEY, S. J. Determinants, limiting, factors, and compensatory strategies in gait. **Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine**, 13, 1, 1-25, 2001.

NARICI, M. V., MAGANARIS, C. N., REEVES, N. D., CAPODAGLIO, P. Effect of aging on muscle architecture. **Journal of Applied Physiology** 95: 2229-2234, 2003.

NIEWIADOMSKI, W., LASKOWSKA, D., GASIOROWSKA, A., CYBULSKI, G., STRASZ, A., LANGFORT, J. Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): Safety considerations. **Journal of Human Kinetics**, v. 19, p. 109-120, 2008.

ORR, R., RAYMOND, J., SINGH, M. F. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. A systematic review of randomized controlled trials. **Sports Medicine**, 38, 4, 317-343, 2008.

OSTROSKY, K. M., VAN SWEARINGEN, BURDETT, R. G., GEE, Z. A comparison of gait characteristics in Young and old subjects. **Physical Therapy**, v. 74, n. 7, p. 637-644, 1994.

PEREIRA, M. I. R., GOMES, P. S. C. Muscular strength and endurance tests: reliability and prediction of one repetition maximum – Review and new evidences. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9, 5, 336-346, 2003.

PERRACINI, M. R.; RAMOS, L. R. Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes na comunidade. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 6, p. 709-716, 2002.

PERRY, J. **Análise de Marcha**. Vol. 1. Marcha Normal. Barueri, SP: Manole, 2005.

PERSCH, N. L.; UGRINOWITSCH, C.; PEREIRA, G.; RODACKI, A. L. F. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. **Clinical Biomechanics**, v. 24, n.10, p. 819-825, 2009.

PETRELLA, J. K., KIM, Js., TUGGLE, C., HALL, S. R., BAMMAN, M. M. Age difference in knee extension power, contractile velocity and fatigability. **Journal of Applied Physiology**, 98, 211-220, 2005.

PETRICK, M., PAULSEN, T., GEORGE, J. Comparison between quadriceps muscle strengthening on land and water. **Physiotherapy**, v. 87, n.6, p. 310-317, 2001.

PIJNAPPELS, M., REEVES, N. D., MAGANARIS, C. N., VAN DIEËN, J. H. Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 18, 188–196, 2008.

PIRTOLA, M.; ERA, P. Force platform measurement as predictors of falls among older people – A review. **Gerontology**, v. 52, p. 1-16, 2006.

PLOUTZ-SNYDER, L.; L., GIAMS, E. L. Orientation and familiarization to 1 RM strength testing in old and young women. *Journal of Strength Conditioning Research*, Champaign, v.15, n.4, p. 519-523, 2001.

PÖYHÖNEN, T., SIPILÄ, S., KESKINEN, K. L., HAUTALA, A., SAVOLAINEN, J. MÄLKÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in health women. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n.12, p. 2103-2109, 2002.

PRINCE, F., CORRIVEAU, H., HÉBERT, R., WINTER, D. A. **Gait in the elderly**. *Gait and Posture*, 5, 128-135, 1997.

PROTAS, E. J., TISSIER, S. Strength and speed training for elders with mobility disability. **Journal of Aging and Physical Activity**, 17, 257-271, 2009.

QUINN T.J., SEDORY D.R., FISCHER B.S. Physiological effects of deep water running following a land-based training program. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.65, n.4, p.386-89, 1994.

RIKLY, R. E. & JONES, J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults, ages 60-94. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7, 162-181, 1999a.

RIKLY, R. E. & JONES, J. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. **Journal of Aging and Physical Activity**, 7, 162-181, 1999b.

ROBINOVITCH, S., N., HELLER, B., LUI, A., CORTEZ, J. Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. **Journal of Neurophysiology**, 88, 613-620, 2002.

ROSA, T. E. C., BENÍCIO, M. H. D., LATORRE, M. R. D. O., RAMOS, L. R. Fatores determinantes da capacidade funcional entre idosos. **Revista de Saúde Pública**, 37, 1, 40-48, 2003.

ROTH, A. E.; MILLER, M. G.; RICARD, M.; RITENOUR, D.; CHAPMAN, B. L. Comparisons of static and dynamic balance following training in aquatic and land environments. **Journal Sports and Rehabilitation**, v. 15, p.299-311, 2006.

RUOTI, R. G., MORRIS, D. M., COLE, A. J. **Reabilitação Aquática**. Editora Manole, SP, 436p. 2000.

SCHLICHT, J., CAMAIONE, D. N., OWEN, S. V. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences** 2001, 56A,5, 281-286.

SHUMWAY-COOK, A., SILVER, I. F., LeMIER, M., YORK, S., CUMMINGS, P., KOEPSSELL, T. D. Effectiveness of a community-based multifactorial intervention on

falls risk factors in community-living older adults: A randomized controlled trial. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 62A, 12, 1420-1427, 2007.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor: Teoria e aplicações práticas**. 2ª Ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

SILVEIRA K. R. M., MATAS S. L. A., PERRACINI M. R. Avaliação do desempenho dos testes Functional Reach e Lateral Reach em amostra populacional brasileira. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 10, n. 4, p. 381-386, 2006.

SIMMONS, V.; HANSEN, P. D. Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: An experimental study on balance enhancement. **Journal of Gerontology**, v. 51A, n.5, p. 233-238, 1996.

SKINNER, T. A. THOMSON, A.M. **Duffield: Exercícios na água**. Ed. Manole - 3ª ed. São Paulo – 1985.

SOFIANIDIS, G., HATZITAKI, V., DOUKA, S., GROUIOS, G. Effect of a 10-week traditional dance program on static and dynamic balance control in elderly adults. **Journal of Aging and physical Activity**, v. 17, p. 167-180, 2009.

SPIRDUSO, W.W. **Physical dimensions of aging**. Champaign: Human Kinetics, 1995, 432p.

STEIB, S., SCHOENE, D., PFEIFER, K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: A Meta-Analysis. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, 42, 5, 902-914, 2010.

SUETTA, C., AAGAARD, PER., ROSTED, A., JAKOBSEN, A. K., DUUS, B., KJAER, M., MAGNUSSON, S. P. Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, p.1954-1961, 2004.

TAKESHIMA, N., ROGERS, M. E., WATANABE, E., BRECHUE, W. F., OKADA, A., YAMADA, T., ISLAM, M. M., HAYANO, J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, p. 544-551, 2002.

TAUNTON, J.E., RHODES, E.C., WOLSKI, L.A., DONELLY, M., WARREN, J., ELLIOT, J., MCFARLANE, L., LESLIE, J., MITCHELL, J., B. LAURIDSEN. Effect of Land-Based and Water-Based Fitness Programs on the Cardiovascular Fitness, Strength and Flexibility of Women Aged 65–75 Years. **Gerontology**, v. 42, n. 4, p. 204-210, 1996.

TSCHOPP, M., SATTELMAYER, M. K., HILFIKER, R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. **Age and Ageing**, 0, 1-8, 2011.

TSOURLOU, T., BENIK, A., DIPLA, K., ZAFEIRIDIS, A., KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in elderly women. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 20. P. 4, p. 811-818, 2006.

VANDERVOORT, A. A., Aging of the human neuromuscular system. **Muscle and Nerve**, 25, 17-25, 2002.

VAUGHAN, C. L.; DAVIS, B. L.; O'CONNOR, J. C. **Dynamics of human gait**. Kiboblo Publishers, Cape Town, South Africa, 2a Ed., 1999.

VICENT, K. R., BRAITH, R. W., FELDMAN, R. A., MAGYARI, P. M., CUTLER, R. B., PERSIN, S. A., LENNON, S. L., GABR, A. H., LOWENTHAL, D. T. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. **Journal of American Geriatrics Society**, 50, 1100-1107, 2002.

VIEL, E. A marcha humana, a corrida e o salto: biomecânica, investigações, normas e disfunções. Barueri: Manole, 2001.

WALLERSTEIN, L. F., TRICOLO, V., BARROSO, R., RODACKI, A. L. F., RUSSO, L., AIHARA, A. Y., FERNANDES, A. R. C., MELLO, M. T., UGRINOWITSCH, C. Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20, 171-185, 2012.

WANG, T.J., BELZA, B., THOMPSON, F. E., WHITNEI, J. D., BENNETT, K. Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. **Journal Advanced Nursing**, v.57, p. 64-67, 2007.

WESTHOFF, M. H., STEMMERIK, L., BOSHUIZEN, H. C. Effects of a low-intensity strength-training program on knee-extensor strength and functionality ability of frail older people. **Journal of Aging and Physical Activity**, 8, 325-342, 2000.

WILDER P.R., BRENNAM D. A standard measure for exercise prescription for aqua running. **The American Journal of Sports Medicine**, v.21, n. 1, p.45-48, 1993.

WINTER, D.A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait and Posture**, 3,193-214, 1995.

WOLFSON, L., WHIPPLE, R., DERBY, C., JUDGE, J., KING, M., AMERMAN, P., SCHMIDT, J., SMYERS, D. Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance. *Journal of American Geriatrics Society*, 44, 498-506, 1996.

WOLFSON, L.; JUDGE, J.; WHIPPLE, R. KING, M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. **The Journals of Gerontology**, v. 50 A, p. 64-67, 1995.

WOOLLACOTT, M.; TANG, P.F. Balance control during walking in the older adult: Research and its implications. **Physical Therapy**, v. 77, n. 6, p. 646-659, 1997.

ZEN-BO CAO; MAEDA, A.; SHIMA, N.; KURATA, H.; NISHIZONO, H. The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. **Physiological Anthropology**, 26, 325-332, 2007.

ZHONG, S. CHEN, C. N.; THOMPSON, L. V. Sarcopenia of ageing: Functional, structural and biochemical alterations. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, 11, 2, 91-91, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	116
APÊNDICE 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO CLÍNICA	119
APÊNDICE 3 – FICHA PARA CONTROLE E PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO DE FORÇA.....	121
APÊNDICE 4 – FICHA PARA ANOTAÇÃO DAS MEDIDAS DA COLOCAÇÃO DOS MARCADORES REFLEXIVOS PARA A AVALIAÇÃO DA MARCHA.....	122

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

- a) O Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar de um estudo intitulado **“COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DE PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS NOS FATORES DE RISCO ASSOCIADOS ÀS QUEDAS EM IDOSOS”**. É através de pesquisas clínicas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.
- b) O objetivo desta pesquisa é determinar e comparar os efeitos de doze semanas de um programa de hidroginástica e de um programa de musculação, realizados 3 vezes por semana com duração de 60 minutos, na força muscular, no equilíbrio, na sua forma de caminhar, na sua capacidade para realizar atividades do dia a dia e na sua qualidade de vida.
- c) Caso o Senhor(a) participe da pesquisa, será necessário inicialmente comparecer cinco dias ao Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) no departamento de educação física para realizar avaliações e responder a questionários (pré-testes). **No primeiro dia** será realizada uma avaliação médica e o senhor(a) terá que responder a três questionários com perguntas sobre seus hábitos de atividade física, perguntas em relação a sua qualidade de vida e histórico de quedas. **No segundo dia** será realizada uma sessão de familiarização com o instrumento de medida de força e será aplicada uma bateria de testes físicos simples como caminhar, levantar e sentar em uma cadeira, levantar da cadeira e caminhar (ir e voltar); **No terceiro dia** haverá a segunda sessão de familiarização com o teste de força e será realizado o teste de equilíbrio que consiste em ficar durante 60 segundos sobre uma plataforma de força com pés unidos um à frente do outro e depois com pés afastado sustentando um peso com 2% do seu peso corporal. **No quarto dia** será realizado o teste de força de membros inferiores e **no quinto e último dia** será realizada uma filmagem da sua caminhada, serão colocados marcadores reflexivos em pontos determinados no seu quadril, joelho, tornozelo e pés para analisar o seu padrão de caminhar. O tempo previsto para cada sessão de avaliações é de 90 minutos. Terminado o período de avaliações o senhor(a) deverá participar do programa de exercícios durante 12 semanas, 3 vezes por semana. Após este período o senhor(a) deverá realizar todos estes testes novamente (pós-testes).
- d) Durante ou após a realização dos testes ou da sua participação nas aulas o senhor(a) poderá sentir dores musculares que são comuns quando se pratica atividade física, principalmente no início quando não estamos habituados ao esforço. No entanto, à medida que seu corpo se adapte ao exercício estas dores não devem mais ocorrer.
- e) Ao participar de um treinamento físico você pode em algum momento ter alguma lesão (machucar-se), sentir dores no corpo devido ao esforço, para prevenir estas ocorrências as aulas terão um período de aquecimento com

atividades leves e a carga dos exercícios será individualizada e o esforço será aumentado gradativamente a medida que o senhor(a) se acostume com o esforço.

- f) Contudo os benefícios esperados são a melhoria da sua capacidade de realizar as atividades do dia a dia, o aumento da sua força muscular, equilíbrio e do seu padrão de caminhar, que podem contribuir para evitar ou reduzir o risco de quedas acidentais e melhorar a sua qualidade de vida.
- g) Os pesquisadores Paulo Cesar Barauce Bento e André Luiz Félix Rodacki, educadores físicos e professores do departamento de Educação Física que poderão ser contatados pessoalmente no CECOM ou por telefone 3360-4333 de segunda à sexta-feira das 8:00 as 12:00 e das 13:30 as 17:30 horas, são os responsáveis pelo seu tratamento e poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. Com relação aos exames médicos, o Dr. Luis Cesar Veiga Pessoa, CRM nº 12367 poderá ser contatado e esclarecerá suas dúvidas no mesmo telefone, ou pessoalmente às segundas e quintas das 14:00 as 17:00 horas.
- h) Estão garantidas todas as informações que o senhor(a) queira, antes durante e depois do estudo.
- i) Neste estudo será utilizado um grupo controle. Isto significa que o senhor(a) poderá integrar um grupo que não realizará nenhum dos programas de treinamento propostos e será orientado a manter sua rotina normal nas doze semanas que dura a pesquisa. Porém, nós garantimos que após o término das avaliações finais (pós-testes) o senhor(a) poderá se desejar, participar dos exercícios físicos pelo mesmo período que os dois grupos experimentais.
- j) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se o senhor(a) não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado. A sua recusa não implicará na interrupção de seu atendimento e/ou tratamento, que está assegurado.
- k) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos pesquisadores que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito de forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.
- l) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (exames, medicamentos etc.) não são da sua responsabilidade.
- m) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.
- n) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo e os tratamentos alternativos. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante o tratamento e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim. Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

(Assinatura do sujeito de pesquisa ou responsável legal)

Curitiba, _____, de _____, de _____.

Prof. Paulo Cesar Barauce Bento.
Pesquisador responsável

3. OCORRÊNCIA DE QUEDAS:

Você teve alguma queda nos últimos 12 meses?

() sim () não

Quantas vezes?

() 1 () 2 () 3 () mais que 3

3.1 ONDE OCORREU A QUEDA?

Em casa, no quintal ou área externa? () sim () não

Dentro de casa? () sim () não

Fora de casa em local conhecido? () sim () não

Fora de casa em local desconhecido? () sim () não

3.2 POR QUE VOCÊ CAIU?

Tropeçou? () sim () não

Escorregou? () sim () não

Escurecimento da visão / síncope? () sim () não

Tontura / vertigem? () sim () não

Outros:

3.3 VOCÊ FAZ USO DE MEDICAMENTOS?

() sim () não

Quais?

() diuréticos () anti-depressivo () pressão arterial () Anti-inflamatórios

() analgésicos () cardiovasculares

() outros _____

FICHA PARA CONTROLE E PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO DE FORÇA

NOME:					DATA:
ORDEM	EXERCÍCIO	SÉRIE	REPETIÇÕES	CARGA	OBS.
1	Supino				
2	Extensora				
3	Polia Alta				
4	Flexora				
5	Tríceps				
6	Leg Press				
7	Rosca Direta				
8	Panturrilha				
9	Adutora				
10	Abdutora				
11					
12					

MEDIDAS DOS MARCADORES REFLEXIVOS PARA A AVALIAÇÃO DA MARCHA

Nome: _____ data: _____

Referencia	Direito	Esquerdo
Calcâneo – maléolo		
Maléolo – 5º metatarso		
Maléolo – epicôndilo do fêmur		
Epicôndilo do fêmur – trocanter		
Trocanter – espinha ilíaca anteroposterior		
Espinha ilíaca anteroposterior - L5		

Nome: _____ data: _____

Referencia	Direito	Esquerdo
Calcâneo – maléolo		
Maléolo – 5º metatarso		
Maléolo – epicôndilo do fêmur		
Epicôndilo do fêmur – trocanter		
Trocanter – espinha ilíaca anteroposterior		
Espinha ilíaca anteroposterior - L5		

Nome: _____ data: _____

Referencia	Direito	Esquerdo
Calcâneo – maléolo		
Maléolo – 5º metatarso		
Maléolo – epicôndilo do fêmur		
Epicôndilo do fêmur – trocanter		
Trocanter – espinha ilíaca anteroposterior		
Espinha ilíaca anteroposterior - L5		

Nome: _____ data: _____

Referencia	Direito	Esquerdo
Calcâneo – maléolo		
Maléolo – 5º metatarso		
Maléolo – epicôndilo do fêmur		
Epicôndilo do fêmur – trocanter		
Trocanter – espinha ilíaca anteroposterior		
Espinha ilíaca anteroposterior - L5		

ANEXOS

ANEXO 1 – CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COMO SERES HUMANOS – CEP/SAÚDE - UFPR	124
ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA	125
ANEXO 3 – ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO DE BORG	128

ANEXO 1- Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa m Seres Humanos do Setor de Ciências Biológicas da UFPR.

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

Versão 8 (forma longa, semana usual)

Nome: _____ Data: ____/____/____ Idade: ____ anos



Orientações do Entrevistador

Nesta entrevista estou interessado em saber que tipo de atividades físicas o(a) senhor(a) faz em uma semana normal (típica). Suas respostas ajudarão a entender quanto ativos são as pessoas de sua idade.

As perguntas que irei fazer estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividades físicas no trabalho, em casa (no lar), nos deslocamentos à pé ou de bicicleta e no seu tempo de lazer (esportes, exercícios, etc.).

Portanto, considere como **atividades físicas** todo movimento corporal que envolve algum esforço físico. Lembre que as atividades VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar MUITO mais forte que o normal. As atividades físicas MODERADAS são aquelas que exigem algum esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar um pouco mais forte que o normal.

SEÇÃO 1 - ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu trabalho, seja ele remunerado ou voluntário. Inclua as atividades que você faz na universidade, faculdade ou escola. Você não deve incluir as tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

1a. Atualmente você tem ocupação remunerada ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

☐ SIM

☐ NÃO → Vá para seção 2 - Transporte



Orientações do Entrevistador

- ▶ As próximas questões são em relação ao tempo que você passa no trabalho (fora de casa) seja ele remunerado ou voluntário.
- ▶ Por favor, NÃO INCLUA o transporte para o trabalho.
- ▶ Pense apenas naquelas atividades que durem pelo menos 10 minutos contínuos.

1b. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas vigorosas, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: trabalho de construção pesada, levantar e transportar objetos pesados, cortar lenha, serrar madeira, cortar grama, pintar casa, cavar valas ou buracos, etc.)?

	DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não faz AF vigorosas → Vá para questão 1c						
Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

1c. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas MODERADAS, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: levantar e transportar pequenos objetos, limpar vidros, varrer ou limpar o chão, carregar crianças no colo, lavar roupas com as mãos, etc.)?

	DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não faz AF moderadas → Vá para questão 1d						
Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

- 1d. Em quantos dias de uma semana normal você realiza caminhadas no seu trabalho, de forma contínua por pelo menos 10 minutos?

Orientações do Entrevistador



► Lembre que você não deve incluir a caminhada que você realiza para ir para o trabalho ou para voltar para casa, após o trabalho.

Tempo em cada dia?

☐ DIAS por semana ☐ Não faz caminhadas → Vá para seção 2 - Transporte

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que você realiza para se deslocar de um lugar para outro. Você deve incluir os deslocamentos para o trabalho (se você trabalha), encontro do grupo de terceira idade, cinema, supermercado, lojas ou qualquer outro local.

- 2a. Em quantos dias de uma semana normal você anda de carro, ônibus, metrô ou trem?

☐ DIAS por semana ☐ Não utiliza veículos a motor → Vá para a questão 2b

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

Orientações do Entrevistador



► Agora pense somente em relação aos deslocamentos que você realiza à pé ou de bicicleta para ir de um lugar para outro! Não inclua as atividades que você faz por diversão ou exercício.

- 2b. Em quantos dias de uma semana normal você anda de bicicleta, por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro, ?

☐ DIAS por semana ☐ Não anda de bicicleta → Vá para a questão 2c

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 2c. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro?

☐ DIAS por semana ☐ Não faz caminhadas → Vá para a Seção 3

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

SEÇÃO 3 - ATIVIDADE FÍSICA EM CASA, TAREFAS DOMÉSTICAS E ATENÇÃO À FAMÍLIA



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza na sua casa e ao redor da sua casa. Nestas atividades estão incluídas as tarefas no jardim ou quintal, manutenção da casa e aquelas que você faz para tomar conta da sua família.

- 3a. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas vigorosas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: carpir, cortar lenha, serrar, pintar, levantar e transportar objetos pesados, cortar grama com tesoura, etc.).

☐ DIAS por semana ☐ Não faz AF vigorosas em casa → Vá para questão 3b

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 3b. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: levantar e carregar pequenos objetos, limpar a garagem, jardinagem, caminhar ou brincar com crianças, etc.).

☐ DIAS por semana ☐ Não faz AF moderadas no quintal → Vá para questão 3c

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

- 3c. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas dentro da sua casa, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: , limpar vidros ou janelas, lavar roupas à mão, limpar banheiro, esfregar o chão, carregar crianças pequenas no colo, etc.).

☐ DIAS por semana ☐ Não faz AF moderadas em casa → Vá para a seção 4

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

SEÇÃO 4 - ATIVIDADE FÍSICA DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E LAZER



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza em uma semana normal (habitual) unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Pense somente nas atividades físicas que você faz por pelo menos 10 minutos contínuos. Por favor NÃO inclua atividades que você já tenha citado nas seções

- 4a. No seu tempo livre, sem incluir qualquer caminhada que você já tenha citado nas perguntas anteriores, em quantos dias de uma semana normal você caminha, por pelo menos 10 minutos contínuos?

☐ DIAS por semana ☐ Não faz caminhadas no lazer → Vá para questão 4b

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

- 4b. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas vigorosas, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: correr, nadar rápido, pedalar rápido, canoagem, remo, musculação, esportes em geral, etc).

☐ DIAS por semana ☐ Não faz AF vigorosas no lazer → Vá para questão 4c

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

- 4c. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: pedalar em ritmo moderado, voleibol recreativo, natação, hidroginástica, ginástica e dança, etc).

☐ DIAS por semana ☐ Não faz AF moderadas no lazer → Vá para Seção 5

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

SEÇÃO 5 - TEMPO QUE VOCÊ PASSA SENTADO



Esta é a última pergunta. Preciso saber quanto tempo em média o(a) senhor(a) passa sentado em cada dia da semana. Inclua todo o tempo que você passa sentado em casa, no trabalho, lendo, assistindo TV, visitando amigos, sentado no ônibus, etc.

Tempo em cada dia?	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
	Tempo							

ÍNDICE DE SENSÇÃO SUBJETIVA AO ESFORÇO (SSE) DE BORG

6 Sem nenhum esforço

7

8

9 Muito leve

10

11 Leve

12

13 Um pouco intenso

14

15 Intenso (pesado)

15

17 Muito intenso

18

19 Extremamente intenso

20 Máximo esforço